



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555626_0034

Aus der Kinderklinik der Universität München

im Dr. von Haunerschen Kinderspital

Direktor : Prof. Dr. K. Betke

FREQUENZANALYTISCHE VERLAUFUNTERSUCHUNG DES

ELECTROENCEPHALOGRAMMES BEI SÄUGLINGEN

IM ERSTEN LEBENSHALBJAHR



Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

an der Ludwig Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von

Brigitte Kraus-Oversohl

aus Essen

München 1977



Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
München

Berichterstatter: Priv.Doiz.Dr.Chr.Förster

Mitberichterstatter: Prof.Dr.K.Betke

Dekan: Prof.Dr.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 24.5.77

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Probanden und Methodik	4
1. Probanden	4
2. Methodik	6
a. Polygraphische und neurologische Untersuchung	6
b. Automatische Frequenzanalyse des EEG	1
III. Ergebnisse	28
1. Autospektren	28
2. Medianwerte	42
a. Medianwerte der Autospektren	43
b. Medianwerte der Kreuzspektralamplituden	44
3. Kohärenzen	47
IV. Diskussion	61
V. Zusammenfassung	66
VI. Literaturverzeichnis	68
VII. Lebenslauf	78

I. Einleitung

Automatische Frequenzanalysen des Elektroencephalogramms sind heute eine anerkannte Methode für eine objektive, systematische Beschreibung der bioelektrischen Grundaktivität. Die Computeranalyse gibt die Möglichkeit über die einfache Frequenzanalyse hinaus Beziehungen der bioelektrischen Aktivität verschiedener Hirnregionen in den einzelnen Frequenzbereichen quantitativ zu bestimmen. Da das EEG wahrscheinlich die Summe der postsynaptischen Potentiale axodentritischer Synapsen der Hirnrinde darstellt, und sich diese Synapsen vorwiegend gegen Ende der Schwangerschaft und während der ersten Lebensmonate entwickeln, bildet das Frequenzmuster der Hintergrundaktivität in den einzelnen Altersabschnitten des Säuglings ein Korrelat der morphologischen Hirnreifung (Schulte und Bell 1973).

Unsere Untersuchungen gingen von folgenden Fragestellungen aus: Wie entwickelt sich die Hintergrundaktivität im ersten Lebenshalbjahr bei zum Termin geborenen hirngesunden Säuglingen. Welche Veränderungen sind in den Beziehungen der einzelnen Hirnregionen zueinander (Kohärenzen) sichtbar? Bestehen nachweisbare Korrelate zwischen der Entwicklung der Hintergrundaktivität und der neurologischen Entwicklung?

Unsere cerebrally gesunde Patientengruppe diene gleichzeitig als Kontrollgruppe einer Untersuchung gleicher Fragestellung bei Neugeborenen mit cerebralen Krampfanfällen.

II. Probanden und Methodik

1. Probanden

An der Versuchsreihe nahmen ursprünglich 11 Neugeborene teil. Acht Kinder waren Patienten der Kinderklinik der Universität München. Sie lagen dort aus sozialen Gründen oder wegen leichter pädiatrisch-internistischer Erkrankungen. Zwei Neugeborene kamen direkt aus der benachbarten 2. Frauenklinik der Universität, ein Kind kam aus einem städtischen Krankenhaus. Die Schwangerschaften waren ärztlich gut überwacht und verliefen komplikationslos. In den Familien der Kinder waren keine erblichen Nervenkrankheiten bekannt.

Die Kinder waren alle zum Termin zwischen der 38. - 41. Schwangerschaftswoche geboren. Außer einem Jungen hatten sie alle ein Geburtsgewicht größer als 2500 Gramm, das mittlere Geburtsgewicht lag bei 3260 Gramm. Die Neugeborenen waren post partum völlig unauffällig, sie hatten einen Apgar-Score zwischen 8-10 Punkten. Während der Untersuchungsreihe gaben sie keinerlei Hinweise auf neurologische Schäden oder Retardierung.

Die während des Krankenhausaufenthaltes routinemäßig, zur Diagnose oder Therapie ihrer Krankheit vorgenommenen Untersuchungen, einschließlich Laborbefunden, zeigten keinen Hinweis auf eine Krankheit, die das Zentralnervensystem be-

einflussen konnte. Die Patienten erhielten keine Medikamente, die Einfluß auf das EEG haben konnten.

In der Zeit zwischen den Untersuchungen waren die Kinder nicht ernsthaft krank, einige hatten eine Erkältung durchgemacht. Die Mütter und ebenfalls die betreuenden Kinderärzte berichteten über keinen pathologischen Befund.

Die Säuglinge kamen aus den verschiedensten sozialen Schichten. Sieben Kinder wohnten außerhalb von München, teilweise über 100 km entfernt. Dieser Umstand machte die Wiedereinbestellung zur Kontrolluntersuchung äußerst schwierig. Nur wenige Eltern waren kooperativ. Zwei Kinder wurden trotz mehrfacher Aufforderung nicht mehr zur Untersuchung im 6. Lebensmonat gebracht.

2. Methodik

a. Polygraphische und neurologische Untersuchung

Von 11 hirngesunden Kindern wurde im 1. Lebensmonat, nach 3 Monaten, sowie 6 Monaten ein polygraphisches EEG abgeleitet. Alle Säuglinge wurden nach jeder EEG-Untersuchung gründlich neurologisch untersucht. Die Kinder wurden entkleidet bei einer Raumtemperatur von 28° Grad in einem hellen Zimmer im Beisein der Mutter untersucht. Wir verwendeten als Vorlage ein abgewandeltes Schema nach Frechtl und Beintema (s. Schema S.7-9). Bei älteren Säuglingen wurde auf Sitzbereitschaft, Stehbereitschaft, Landau-Reflex, Greifen, Spielen und sozialen Kontakt geachtet. Auf das Vorhandensein von Primitivreflexen und der Zeitpunkt ihres Verschwindens wurde bei den älteren Säuglingen besonderes Augenmerk gerichtet. Sie lagen alle im Bereich der Norm, die von Saint-Anne Dargassies (1972) und Paine (1964) aufgestellt wurden.

Neurologische Neugeborenenuntersuchung

Name geb.:
Geb.Gew.: Gest.Alter
Zeit seit der letzten Mahlzeit: Medikamente :
Datum der Untersuchung : Untersucher :

Kopfumfang Fontanelle Schädelform Nähte

Körperhaltung

Opisthotonus, Froschhaltung, anderes:

Arme re.	flektiert	semiflektiert	extendiert
li.	"	"	"
Bein re.	"	"	"
li.	"	"	"

Spontanmotorik

Quantität

Qualität

Amplitude

Intensität

Asymmetrien

unwillkürliche Bew.:	Zittern:	Frequenz
	Kloni:	"
	athetoide, choreiforme Bew.	

extrem. vorwiegend in Extension, Semiflexion, starker Flexion

Hirnnerven:

Mimik unauffällig, auffällig, Asymmetrien des Gesichts od.

der Mimik

Lidspalten

Augenbewegungen unauffällig, auffällig:

Pupillengröße sym., asym., Reaktion auf Licht : sym., asym.,

prompt ausgiebig

Fuppenaugenphänomen

Glabella tap

Gaumensegeltonus

Masseterreflex

Muskeltonus : 0 = Resistenz normal, 1= aufgehoben, vermindert,

2 = vermehrt

Nacken

Ellbogen

Kniestrecker

0 = Extensibilität normal, 1 = auffällig

Schulterzug : Arme nicht gebeugt, leicht gebeugt, stark gebeugt

bis 45° Beine " " "

Kopf etwas gehalten, fällt zurück, Opisthotonus

Asymmetrie vorhanden, nicht vorhanden

recoil : Arme fehlt, mässig, überstark, sym.,

asymmetrisch

Reflexe, Reaktionen :

0 = 3 normal auslösbar, 1= fehlt, 2= schwach

3 = gesteigert, 4 = verbreitert, Kloni

re	FSR	li	Asymmetrien
	ASR		
	BSR		

Babinski	Greifreflex Hand	Fuß
Galant	Fluchtreflex	Analreflex
Rooting	Saugreflex ..	Schreitrefl.
Moro I	II	Kriechbew.

Zusammenfassung

Körperhaltung : unauffällig
auffällig
asymmetrisch

Motilität : unauffällig, hyperkinetisch, hypokinetisch,
asymmetrisch

Muskeltonus : unauffällig, auffällig
Reflexe : unauffällig, auffällig
Reaktionstyp : Excitabilität normal, Apathie,
Hyperexcitabilität

Die EEG-Aufnahmen wurden mit Hilfe eines 12-Kanal Elektroencephalographen der Firma Schwarzer, Typ 1220 durchgeführt. Es wurde mit einer Zeitkonstante von 0,1/sec bei einer oberen Frequenzlimitierung von 30 Hz abgeleitet.

Nach sorgfältiger Reinigung der Kopfhaut mit Alkohol erfolgte die bipolare Montage von Silber/Silberchlorid-Elektroden nach dem internationalen 10-20-System : $FP_2 - C_6$ (Kanal 1) $C_6 - O_2$ (Kanal 2), sowie $FP_1 - C_5$ (Kanal 3) und $C_5 - O_1$ (Kanal 4). Die Elektroden wurden mit Kollodium angeklebt, anschließend wurde etwas Elektrodenpaste zwischen Elektrode und Kopfhaut gebracht. Der Elektrodenwiderstand durfte 5 Kilo-Ohm nicht überschreiten. Zur genauen Registrierung des Vigilanzstadiums wurde ein Elektroofokulogramm (EOG) mit Hilfe von zwei Klebeelektroden (Beckman biopotential miniature skin electrodes) an den äußeren Augenwinkeln, sowie ein Elektromyogramm (EMG) mit zwei Kinnklebeelektroden abgeleitet. Außerdem wurde die Atmung durch einen Thermistor, der in der Nase des Kindes befestigt war, registriert. Diese Nasenelektrode wurde von einigen 6 Monate alten Kindern nicht mehr toleriert, so daß wir bei ihnen darauf verzichten mußten.

Die Säuglinge wurden zwei Stunden nach der 18 Uhr Mahlzeit gegen 20 Uhr untersucht. Die Untersuchung erfolgte im EEG-Labor unter denselben Bedingungen : Neonlichtbeleuchtung, 28 Grad Raumtemperatur. Die Kinder lagen bekleidet in Rückenlage. Öffnen und Schließen der Augen, Mundsaugbewegungen, Umherschauen, Mimik, globale Bewegungen und Schreien wurden gesondert auf dem EEG-Papierausschrieb notiert, um bei der

Auswahl der EEG-Stücke für die Frequenzanalyse sicher zu sein, daß sich der Säugling in einem ruhigen Wachzustand befindet und Artefakte möglichst ausgeschlossen werden. Die Ableitungszeit betrug 50 Minuten. Die Untersuchungen fanden im Beisein der Mütter statt.

Zur Auswertung des EEG mit Hilfe der automatischen Frequenzanalyse wurden die EEG-Signale gleichzeitig auf Magnetanalogbänder gespeichert. Wir verwendeten ein Magnetbandspeichergesät der Firma Bell & Howell, Typ VR 3200.

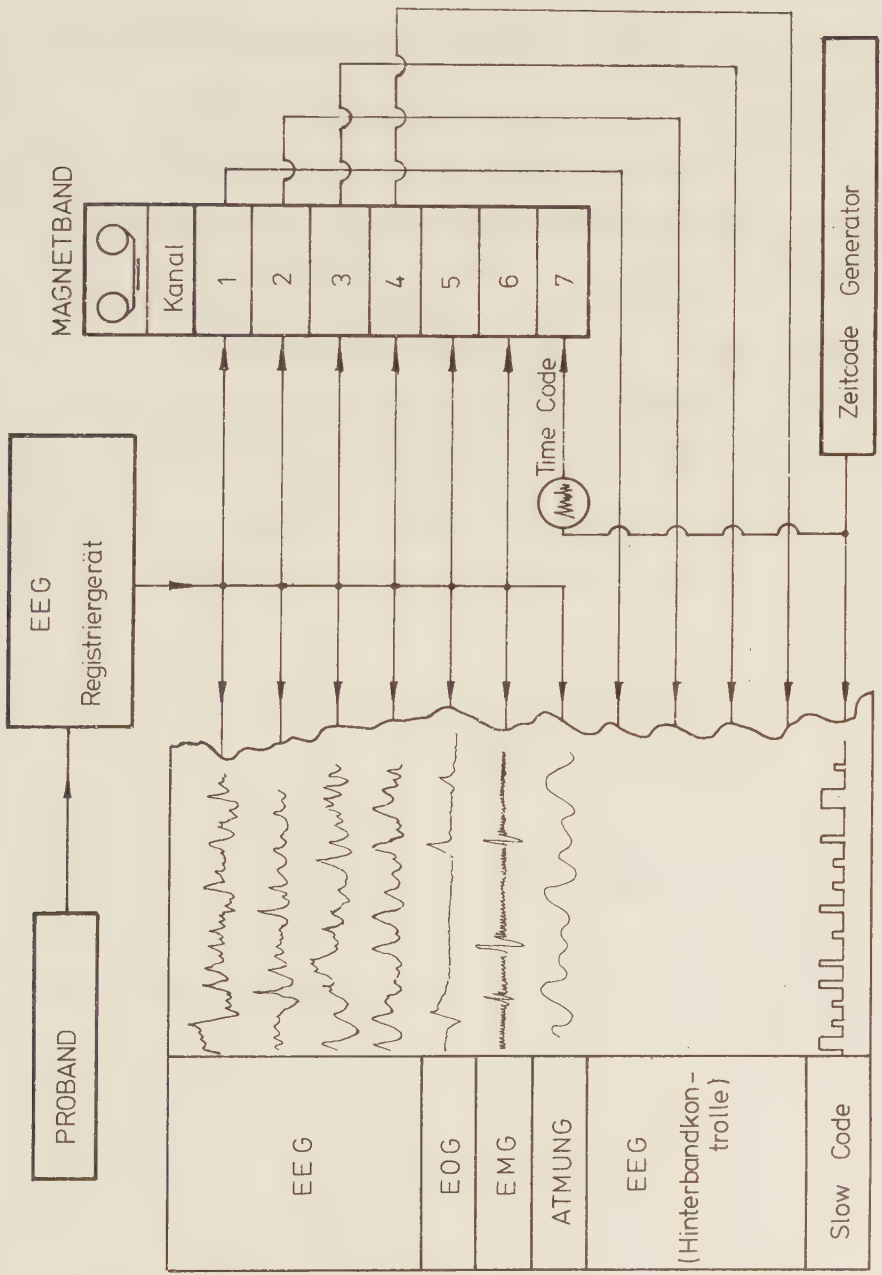
Die einwandfreie Aufzeichnung der EEG-Kanäle K_1 - K_4 konnten durch eine Hinterbandaufzeichnung auf dem EEG-Papieraus-schrieb kontrolliert werden. Dadurch konnten wir sofort etwaige Störungen feststellen und gegebenenfalls beheben.

Die Nummerierung der Kinder, der Ableitungen, sowie die Markierung der gewünschten EEG-Epochen zur Frequenzanalyse ermöglichte uns ein slow-code = codifizierter timecode. Hierzu benutzten wir den Timecode Generator, Typ 9100 der Firma Datum Model.

Abb.1 zeigt den technischen Aufbau der polygraphischen Ableitung.

Abb. 1

Technischer Aufbau der polygraphischen Ableitung



Insgesamt 180 Sekunden einer EEG-Aktivität im ruhigen Wachzustand wurden zur automatischen Frequenzanalyse ausgewählt. Das bei der Auswahl geforderte Vigilanzstadium entsprach den Stadien 3 und 4 nach Frechtl (1968) : geöffnete Augen, wach, keine oder globale Bewegungen, kein Schreien. Die EEG-Epochen mußten frei, oder zumindest annähernd frei von Artefakten sein. Mitunter war es unmöglich, artefaktfreie, zusammenhängende 3-Minuten-Epochen zu bekommen, so daß wir eine Epoche aus mehreren Einzelstücken zusammensetzen mußten.

b. Automatische Frequenzanalyse des EEG

Die automatische Frequenzanalyse erfolgte im Institut für Med. Datenverarbeitung der Gesellschaft für Strahlen und Umweltforschung m.b.H. der T.U. München nach dem Programm "Spektra" (Spektralanalyse des EEG).

Das EEG kann im mathematisch-physikalischen Sinn als Realisierung eines stochastischen Prozesses angesehen werden. Die Frequenzanalyse ist eine bewährte Methode zur rechnerischen Untersuchung solcher stochastischer Prozesse. Sie untersucht die Hintergrundaktivität des EEGs, die in der visuellen Auswertung wichtigen Grapho-elemente wie SW-Komplexe finden keine Berücksichtigung.

Die Analyse einer 3-Minuten-Epoche der EEG-Aktivität kann in folgende 3 Stufen eingeteilt werden :

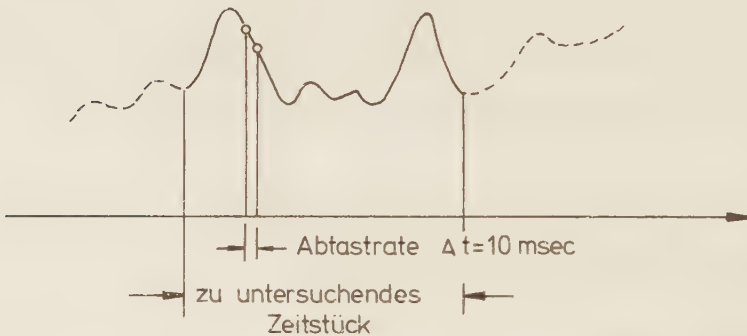
- 1) Signalaufbereitung
- 2) Mathematische Beschreibung des zu untersuchenden EEGs und Frequenzanalyse.
- 3) Statistische Weiterverarbeitung.

1) Signalaufbereitung

Das vom EEG-Registriergerät aufgenommene und auf das Analogmagnetband gespeicherte Signal wird zunächst digitalisiert und gefiltert.

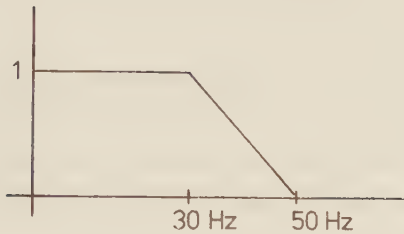
Unter Digitalisierung(s. Abb.2) versteht man die Zerlegung der EEG-Kurve in einzelne Punkte mit vorgegebenem Zeitabstand.

Abb.2



Um die für die Beurteilung des EEG bedeutenden Frequenzen hervorzuheben, und um störende Netzspannungen auszuschalten, wird das Signal mittels eines Tiefpassfilters(Abb.3) geglättet.

Abb.3



Eine weitere Aufbereitung der EEG-Signale wird durch einen Fehlerausgleich (Trendbeseitigung) der digitalisierten Zeitbereiche erreicht .

2.) Mathematische Beschreibung

Das zu untersuchende Zeitstück der EEG-Kurve ist eine Zeitfunktion $F(t)$, die mit Hilfe der Fourier-Transformation als Frequenzfunktion $F(\omega)$ dargestellt werden kann.

Dabei bedeutet :

f = Frequenz oder Schwingungszahl in Hertz

1 Hz = 1 Schwingung pro Sekunde

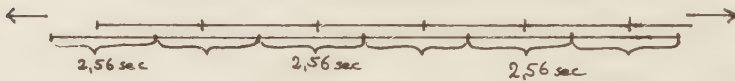
$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ die Kreisfrequenz

Ist $F(t)$ nicht periodisch, so ist eine Fourierintegralentwicklung erforderlich; sie lautet in komplexer Schreibweise:

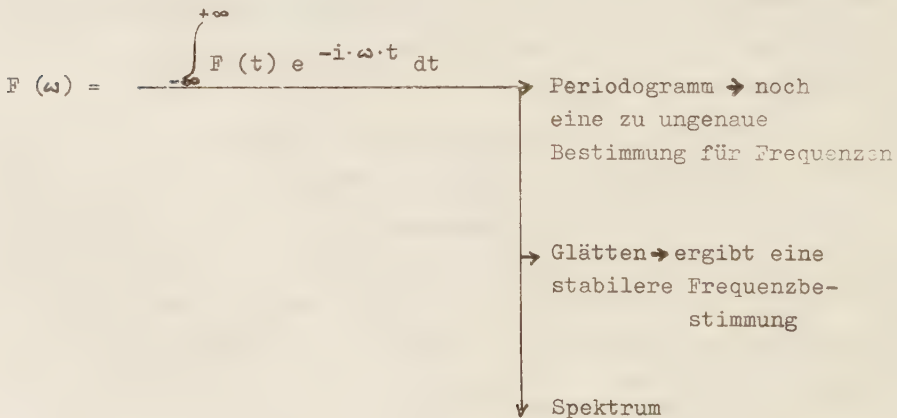
$$\bar{F}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(t) e^{-i \cdot \omega \cdot t} dt$$

Da bei der praktischen Auswertung nur mit endlichen Zeitintervallen $\Delta t = 10 \text{ msec}$ gearbeitet wird, kann die Auswertung des Integrals als endliche Summe über alle Δt erfolgen.

Das zu analysierende Zeitstück wird nach eventueller Tiefpassfilterung in Segmente von 2,56 sec Dauer zerlegt. Jedes Segment wird nach eventueller Taperung und linearer Trendbeseitigung fourriertransformiert und die Autospektren bestimmt. Die Zerlegung in so kleine Teilstücke erfolgt zur Erreichung einer stabileren Frequenzbestimmung. (Stückelung nach Welch). Die Stabilität wird durch eine Überlappung noch erhöht.



Signalzerlegung und Mittelung

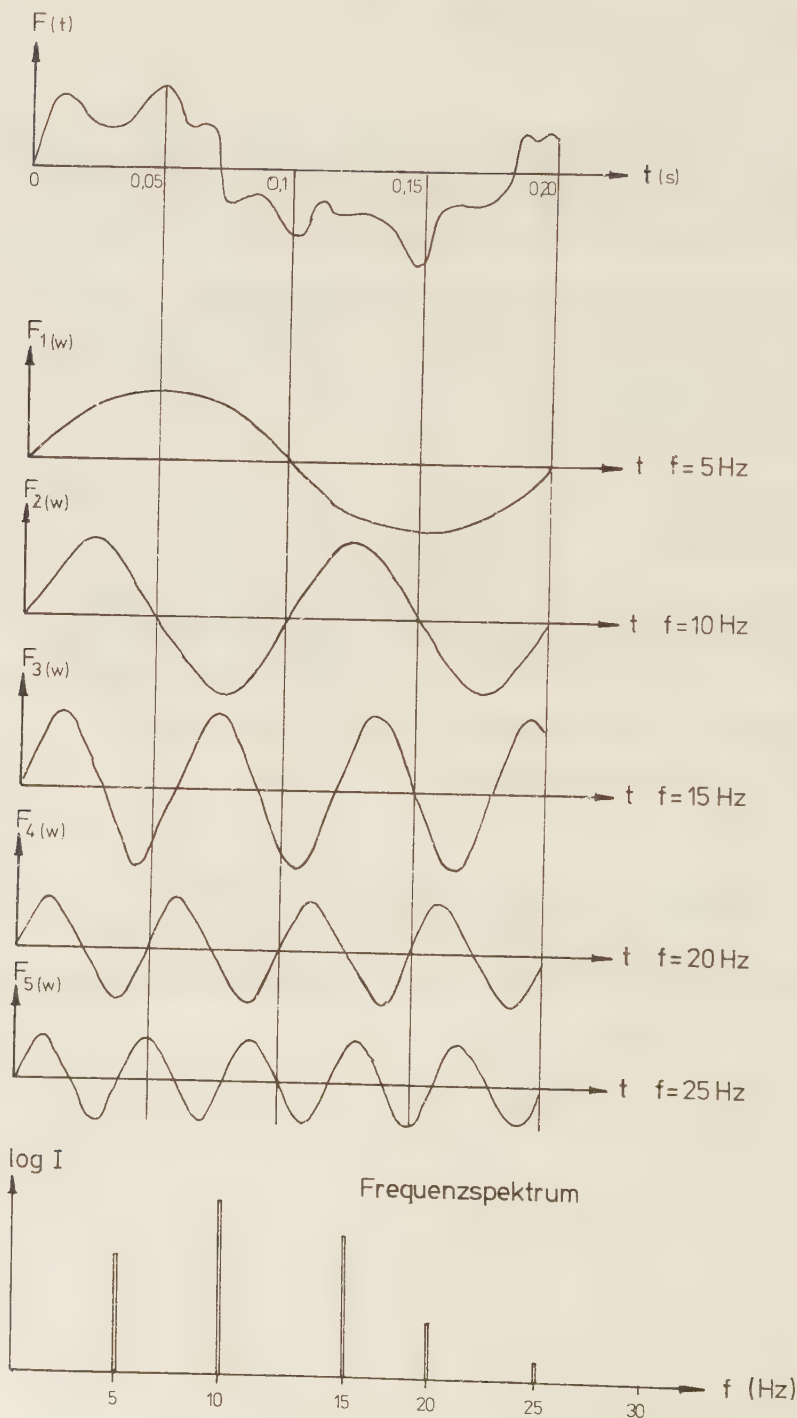


Durch die Fourriertransformation wird die EEG-Kurve in eine Vielzahl von Einzelfunktionen zerlegt. Jede dieser Einzelfunktionen kann als eine harmonische Schwingung mit einer bestimmten, zugehörigen Frequenz gedeutet werden.

Das Frequenzspektrum selbst besteht darin, die Beiträge dieser Einzelfunktionen in Abhängigkeit von den zugehörigen Frequenzen darzustellen.

Als Maß für die einzelnen Beiträge wird der Logarithmus der INTENSITÄT gewählt. Die Intensität ist eine definierte Größe, die eine besonders gute Analyse von EEG-Spektren ermöglicht, sie ist in etwa proportional den maximalen Amplituden, sowie deren Häufigkeiten. Eine ausführlichere Beschreibung der Intensität ist nicht notwendig, da sie im Rahmen dieser Arbeit nur als Vergleichsgröße benutzt wird.

Abb. 4 zeigt, wie man sich eine nicht periodische EEG-Kurve aus mehreren harmonischen Anteilen zusammengesetzt denken kann; hier sind es 5, entsprechend zeigt das Frequenzspektrum 5 diskrete Linien.



Im einzelnen wurden folgende Spektren ermittelt :

Autospektrum :

Das Autospektrum beschreibt die Intensitätsverteilung im Frequenzbereich eines Kanals.

Kreuzspektralamplitude :

Die Kreuzspektralamplitude beschreibt die durchschnittliche gemeinsame Intensität zweier Kanäle in Abhängigkeit von der Frequenz.

Kohärenzfunktion:

Die Kohärenzfunktion ist ein frequenzabhängiges Korrelationsmaß der beiden Kanäle, das zwischen den werten Null und Eins schwankt.

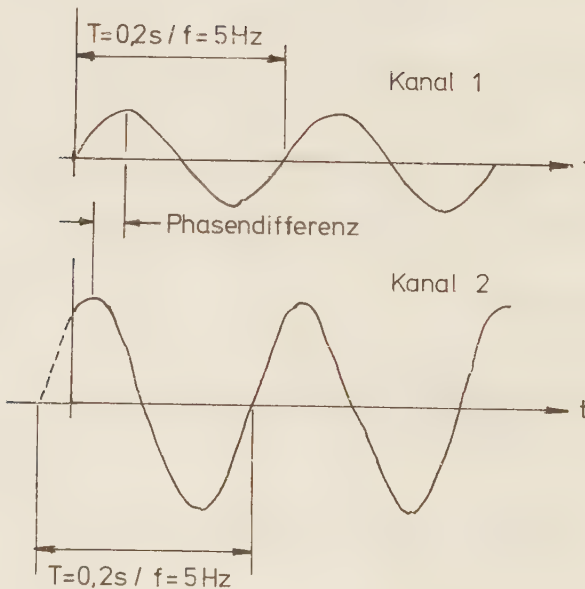
Die Kohärenz ergibt sich zu :

$$\text{coh} (fn) = \frac{P_{xy}^2 (fn)}{P_{xx}(fn) P_{yy}(fn)}$$

Phasenfunktion :

Die Phasenfunktion beschreibt die mittlere Phasendifferenz gemeinsamer Frequenzkomponenten zweier Kanäle. Die Kreuzspektralampplitude ist in etwa proportional dem Produkt der maximalen Amplituden. Die Phasendifferenz ist gleich dem Abstand der maximalen Amplituden.

Abb.5



Durch die Frequenzanalyse erhielten wir von einem ausgewählten EEG-Zeitstück folgende Spektren:

Ein Autospektrum von jedem Ableitpunkt: K_1 , K_2 , K_3 , K_4

Die Kreuzspektren, die Kohärenzen sowie die Phasenfunktionen der Kanäle: K_1-K_2 , K_1-K_3 , K_2-K_4 , K_3-K_4 .

Die Abb. 7-11 zeigen eine EEG-Epoche der polygraphischen Ableitung, die wir im sechsten Lebensmonat durchführten und die dazugehörigen Spektren. der Kanäle K_1 , K_2 (fronto-zentral, zentro-okzipital rechts)

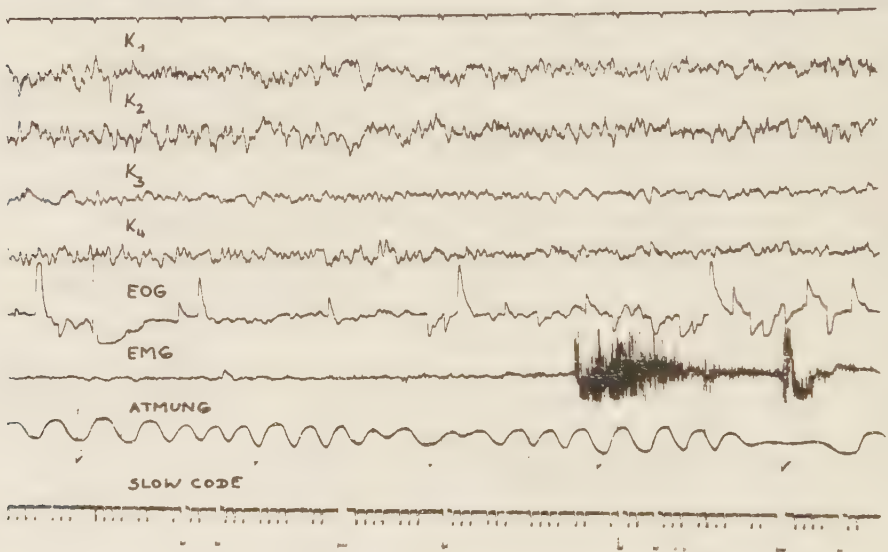


Abb.7: Papierausschrieb einer polygraphisch aufgezeichneten EEG-Epoche

K_1 (fronto-zentral rechts), K_2 (zentro-okzipital rechts)

K_3 (fronto- zentral links), K_4 (zentro-okzipital links)

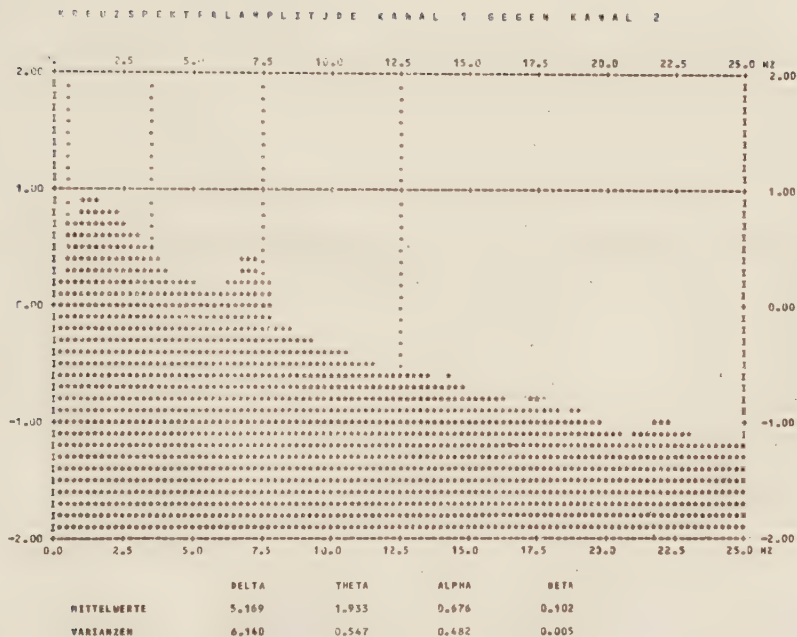


Abb.8: Kreuzspektralampplitude K_1 (fronto-zentral) gegen K_2 (zentro-okzipital)

Ordinate: Logarithmus der Intensität

Abzisse: Frequenz

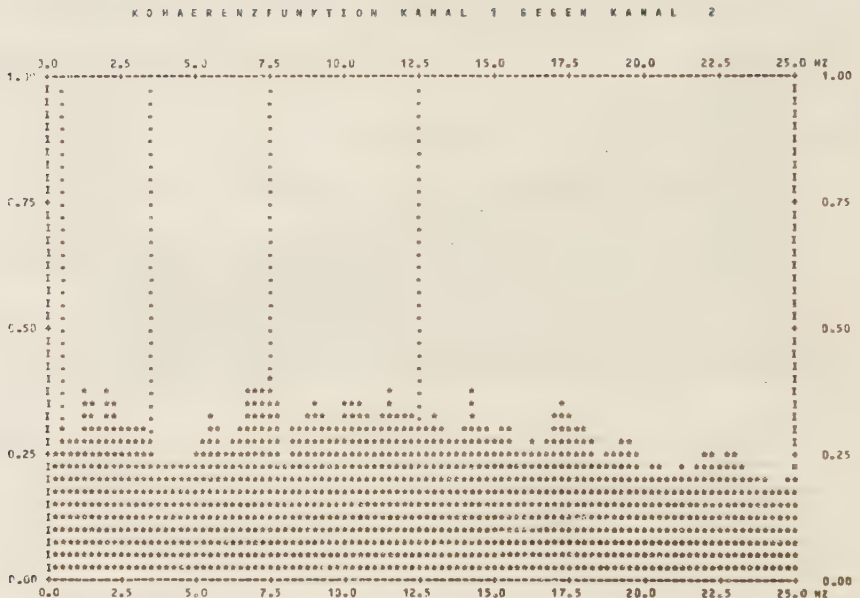


Abb.9: Kohärenzfunktion Kanal 1 gegen Kanal 2

Ordinate: 0-1

Abzisse: Frequenz

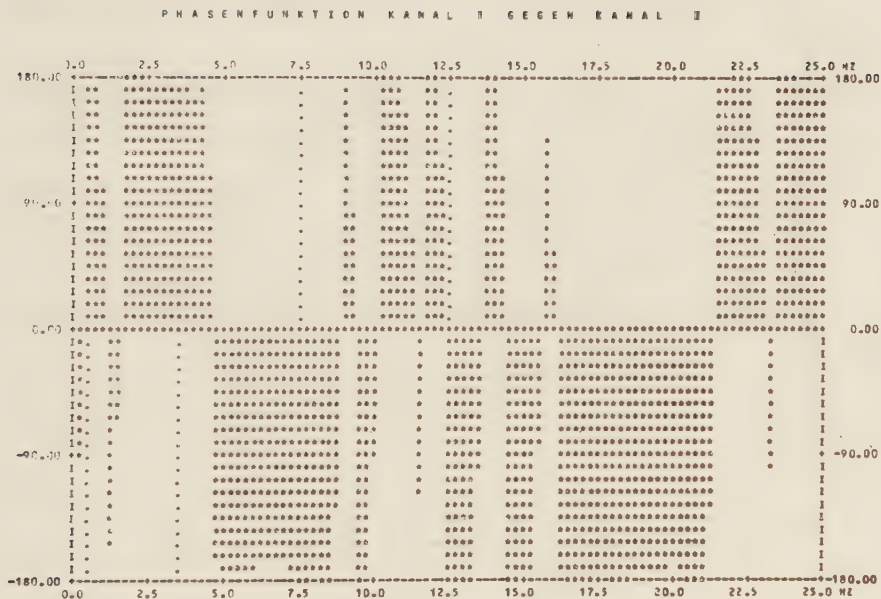


Abb.10: Phasenfunktion Kanal 1 gegen Kanal 2

Ordinate: -180 Grad bis +180 Grad

Abzisse: Frequenz

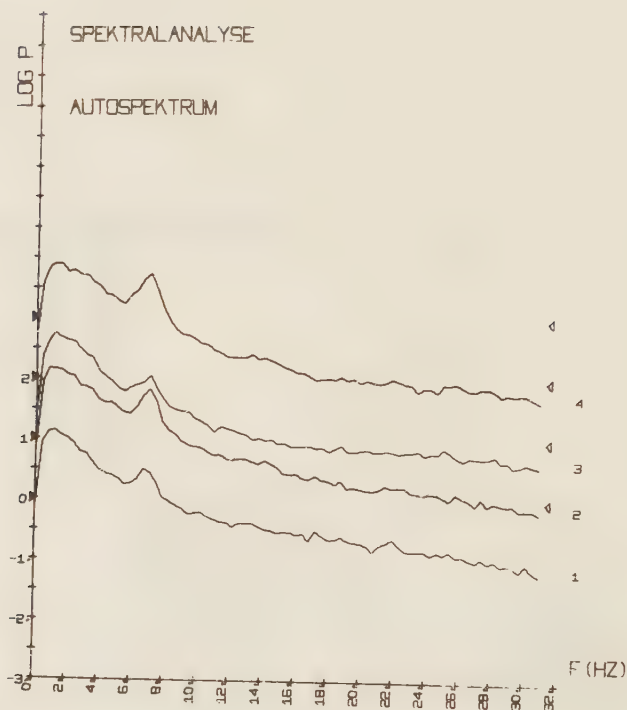


Abb.11: Autospektren der EEG-Kanäle K_1 , K_2 , K_3 , K_4
Ordinate: Logarithmus der Intensität
Abzisse : Frequenz

III. Ergebnisse

1. Autospektren

Die Originalautospektren zeichneten wir als graphische Kurven um, und stellten sie zur besseren Vergleichsmöglichkeit in nachfolgenden Abbildungen (Abb. 12 - 23) untereinander.

Bei der ersten Ableitung, die im ersten Lebensmonat (Abb. 12 - 15) erfolgte, zeigen alle Autospektren ein Intensitätsmaximum im unteren Deltabereich bei 1,5 - 2 Hz. Die Intensitätskurve fällt anschließend gleichmäßig ab.

Bei der zweiten Ableitung, die wir bei Säuglingen im dritten Lebensmonat durchführten (Abb. 16 - 19) verschiebt sich das Intensitätsmaximum nach 2 - 2,5 Hz, der nachfolgende Intensitätsabfall ist nicht mehr so steil. Kleine Peaks lassen sich zwischen 4 - 5 Hz nachweisen. In den Autospektren K_2 und K_4 (Okzipitalregion) ist dieser Anstieg der Thetaaktivität stärker zu bemerken als bei den fronto - zentralen Kanälen K_1 und K_3 . Der prozentuale Anteil der Thetaaktivität, der bei der ersten Ableitung nur durchschnittlich 25 % betrug, stieg auf 40 % an.

Bei der dritten Ableitung (Abb. 20 - 23), die wir bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat durchführten, zeigten die meisten Probanden keinen isolierten steilen Intensitätsgipfel mehr, sondern das Maximum erstreckte sich als Plateau von

2 - 4 Hz. Ein Kind erreicht einen dominierenden Peak im Thetabereich bei 4 - 4,5 Hz. Die Kurven haben einen deutlich ausgeprägten Peak um 5 Hz, sowie einen erneuten Intensitätsanstieg im Grenzbereich zwischen Theta- und Alphaaktivität bei 6 - 8 Hz. Der Intensitätsabfall im Betabereich ist nicht mehr so steil wie bei den Ableitungen im ersten und dritten Monat.

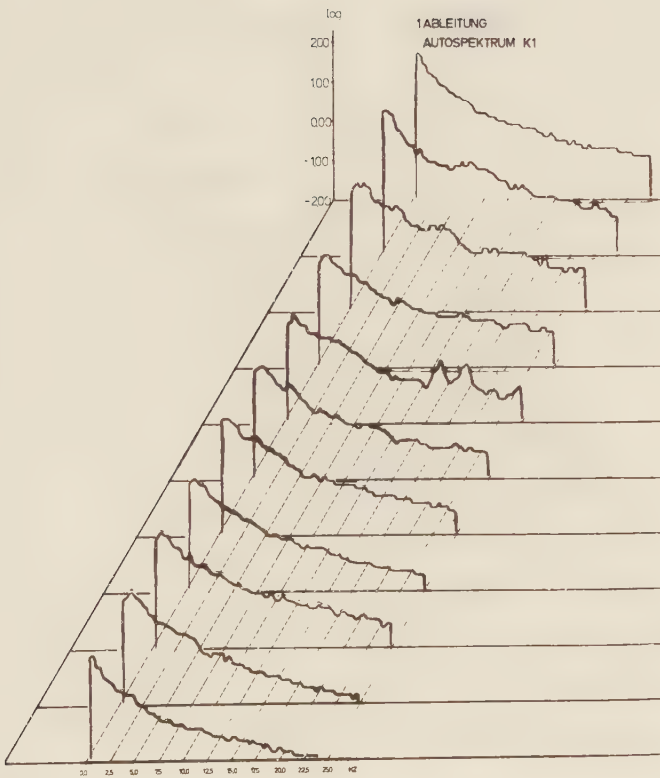


Abb.12: Autospektrum vom EEG-Kanal 1 (fronto-zentral rechts) bei Säuglingen im ersten Lebensmonat
Auf der Ordinate sind die Logarithmen der Intensität auf der Abzisse die Frequenzen aufgetragen.

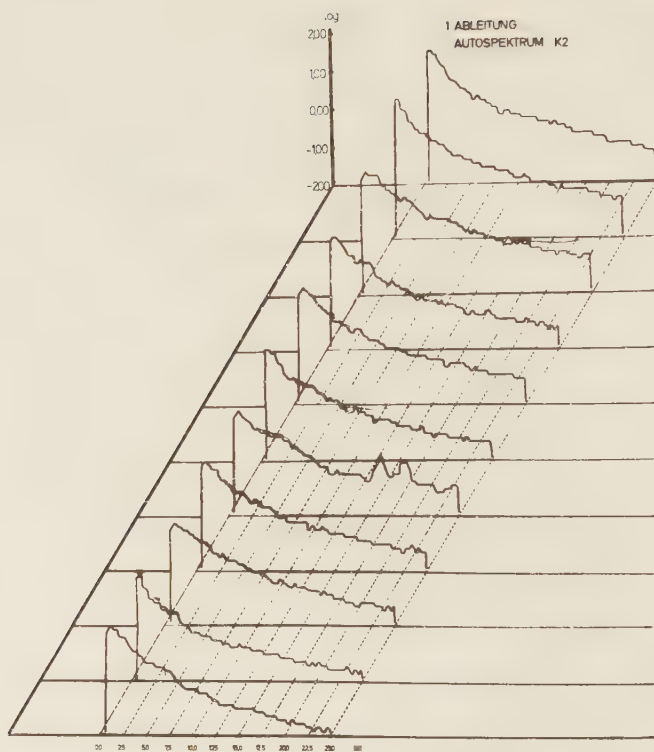


Abb.13: Autospektrum vom EEG-Kanal 2 (zentro-okzipital re.)
bei Säuglingen im ersten Lebensmonat

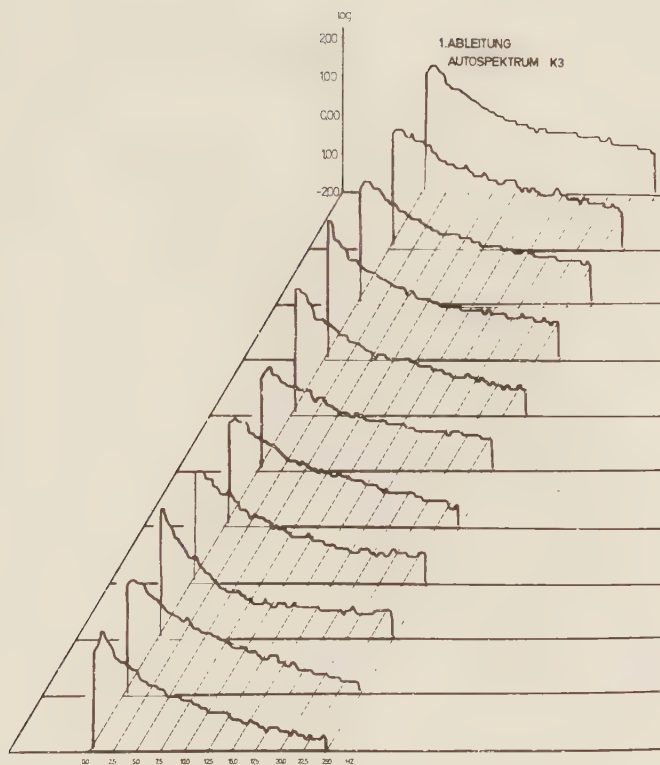


Abb.14: Autospektrum vom EEG-Kanal 3 (fronto-zentral links) bei Säuglingen im ersten Lebensmonat

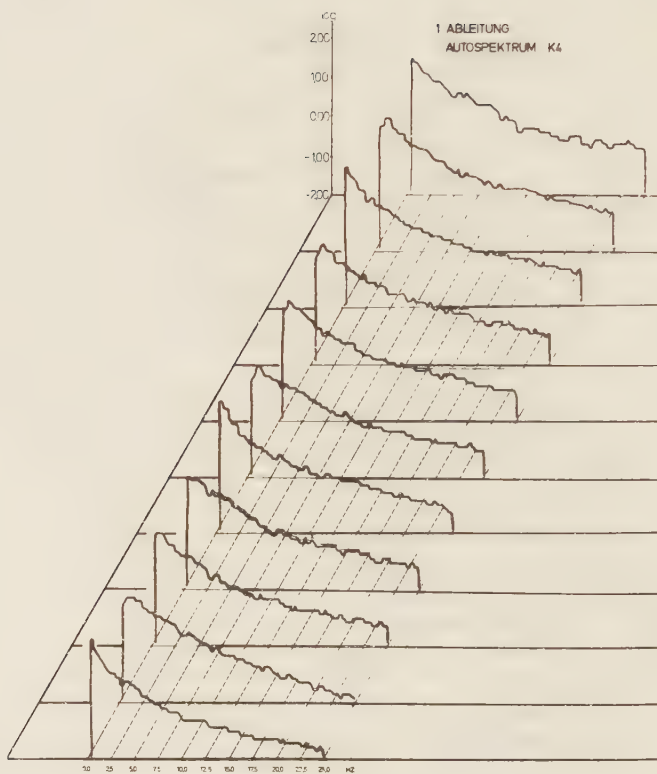


Abb.15: Autospektrum vom EEG-Kanal 4 (zentro-okzipital links) bei Säuglingen im ersten Lebensmonat

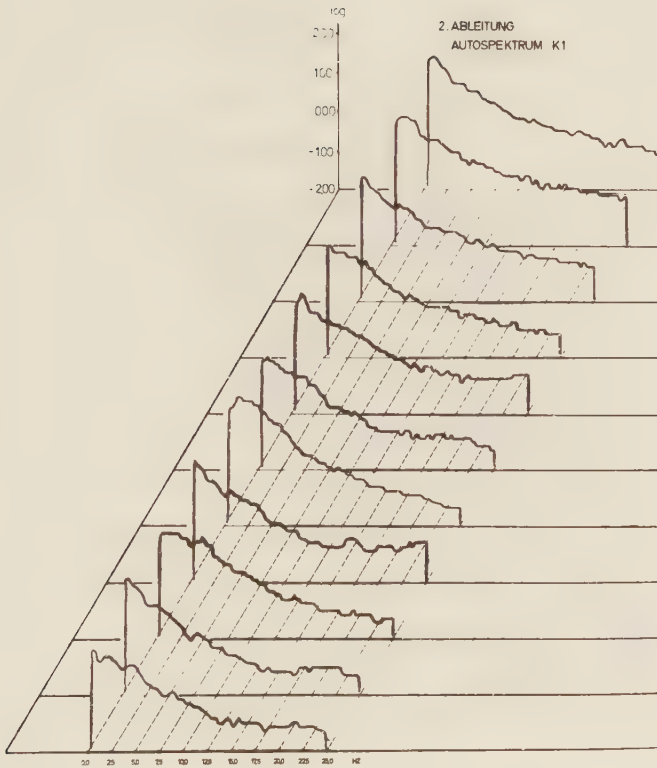


Abb.16: Autospektrum vom EEG-Kanal 1 (fronto-zentral rechts) bei Säuglingen im dritten Lebensmonat

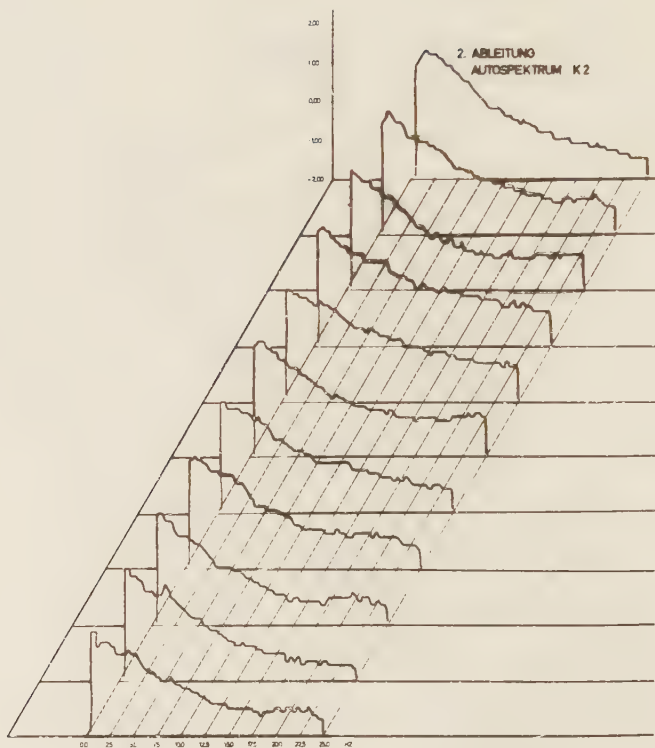


Abb.17: Autospektrum vom EEG-Kanal 2 (zentro-okzipital rechts) bei Säuglingen im dritten Lebensmonat

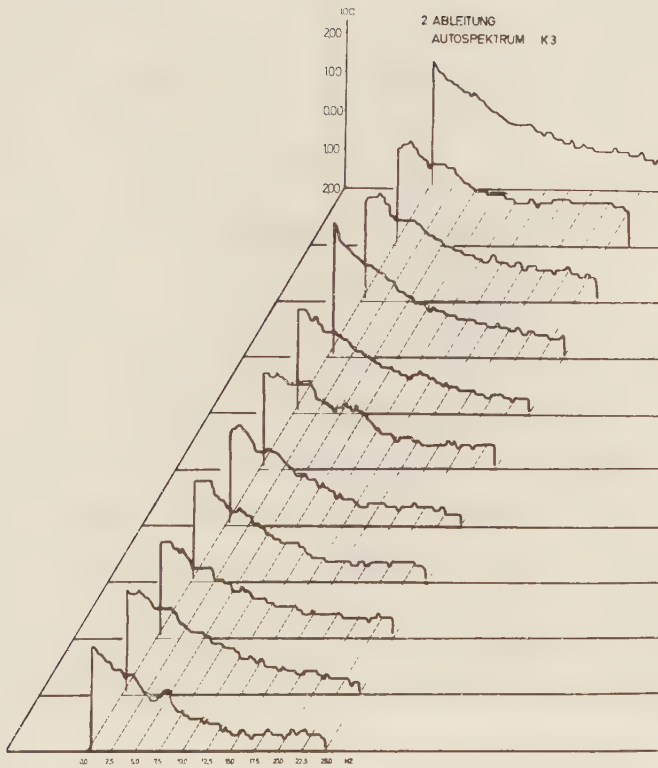


Abb.18: Autospektrum vom EEG-Kanal 3 (fronto-zentral links) bei Säuglingen im dritten Lebensmonat

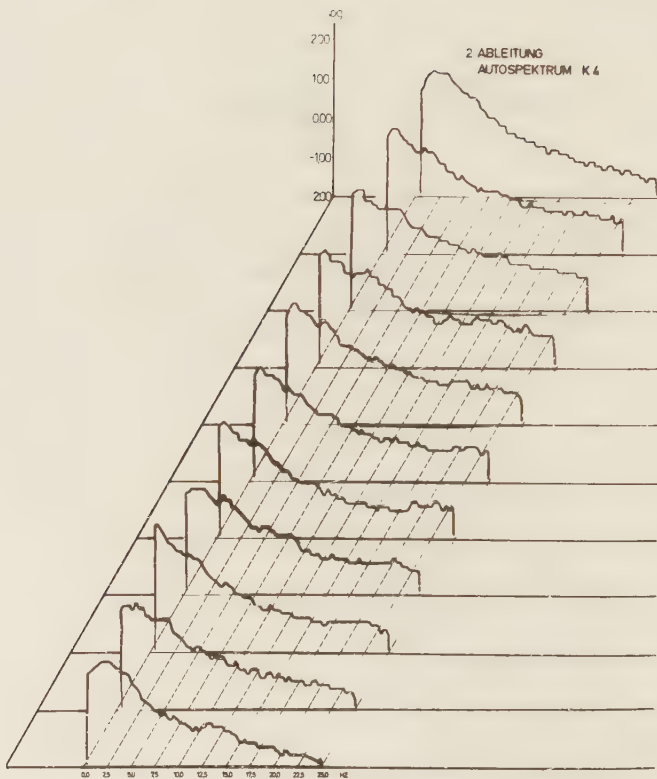


Abb.19: Autospektrum vom EEG-Kanal 4 (zentro-okzipital links) bei Säuglingen im dritten Lebensmonat

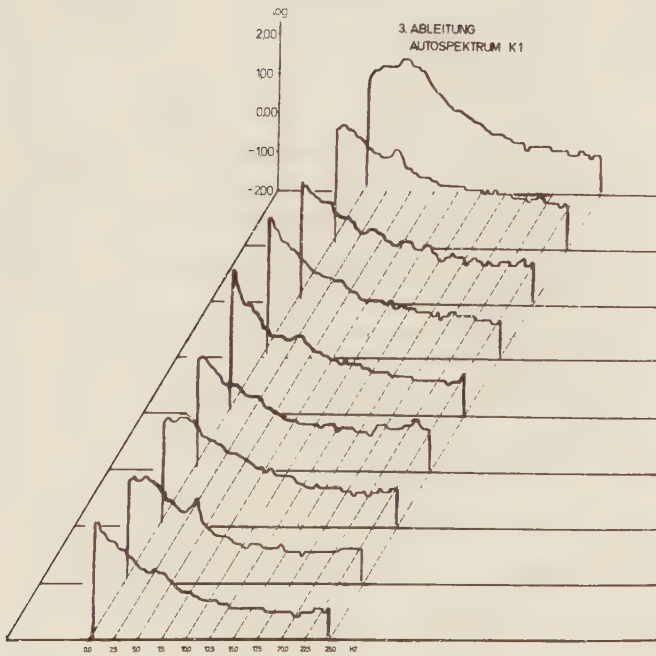


Abb.20: Autospektrum vom EEG-Kanal 1 (fronto-zentral rechts) bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat

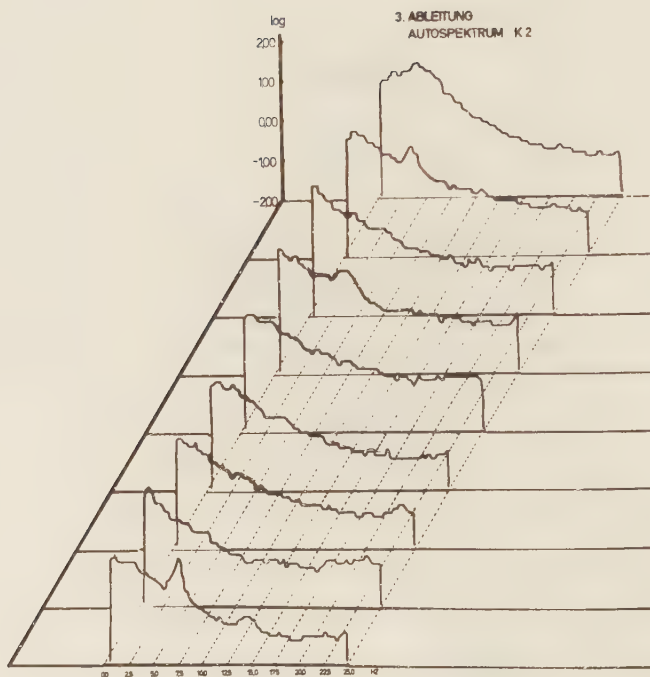


Abb.21: Autospektrum vom EEG-Kanal 2 (zentro-okzipital rechts) bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat

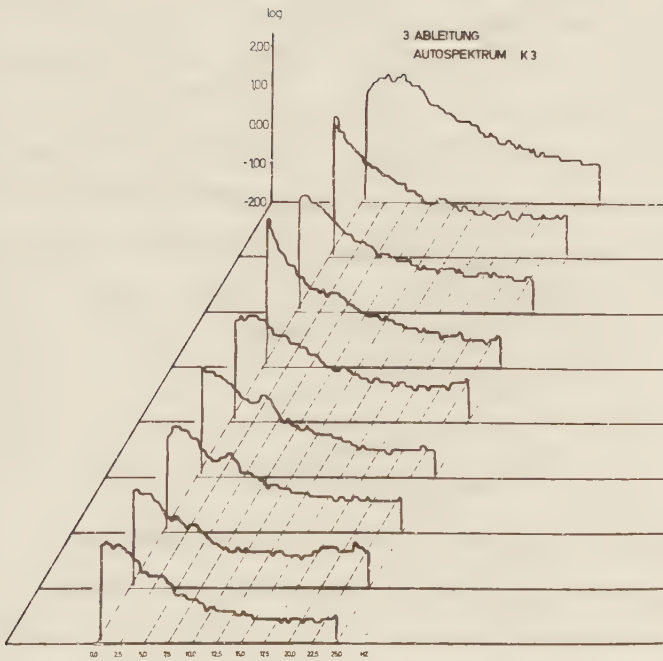


Abb.22: Autospektrum vom EEG-Kanal 3 (fronto-zentral links) bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat

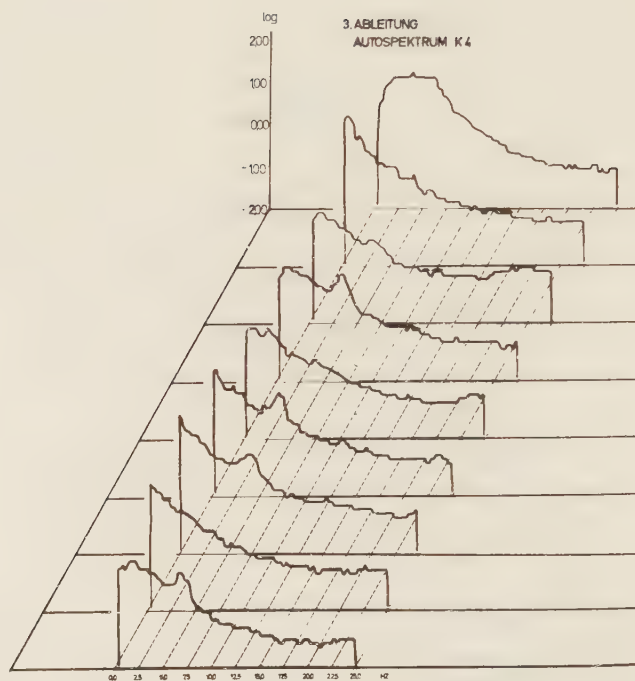


Abb.23: Autospektrum vom EEG-Kanal 4 (zentro-okzipital links) bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat

2. Medianwerte

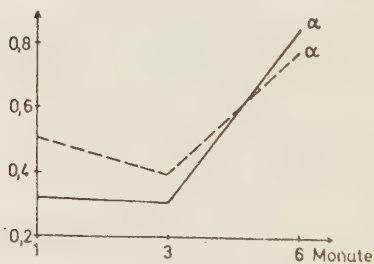
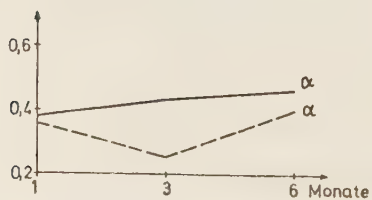
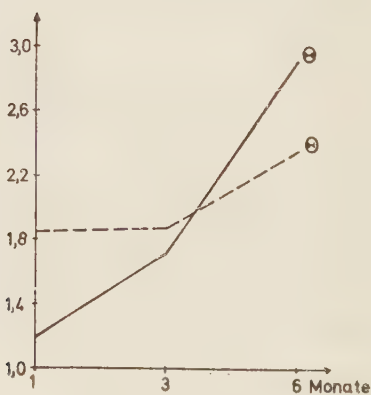
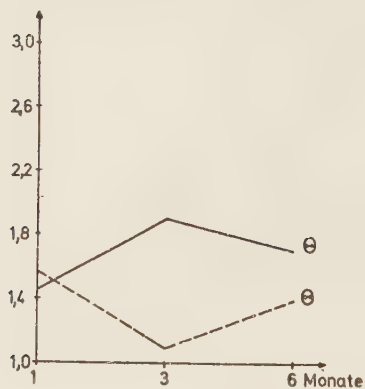
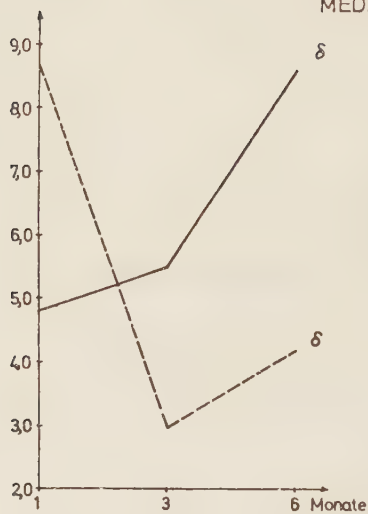
Zur Veranschaulichung der Intensitätsentwicklung haben wir die Medianwerte der Mittelwerte der Intensität für die Frequenzbereiche δ , θ und α aufgetragen. Der Medianwert ist derjenige Wert, der ebenso oft unter- wie überschritten wird. Wir wählten ihn, da er gegenüber dem arithmetischen Mittelwert den Vorteil hat, nicht von extrem abweichenden Werten beeinflusst zu werden.

Die Werte des Betabereiches vernachlässigten wir, da sie sehr klein sind und durch Muskelartefakte zu stark beeinflusst werden.

a. Medianwerte der Autospektren

Bei den Medianwerten der Autospektren ist festzustellen, daß die Aktivität der Okzipitalregion rechts (K_2) in allen Frequenzbereichen die absolut höchsten Werte im 6. Lebensmonat erreicht. (Abb. 24). Die Intensitätszunahme im Bereich dieser Hirnregion steigt vom 1. - 6. Lebensmonat kontinuierlich, während sie in den anderen Autospektren im 3. Monat häufig absinkt, also die Werte der zweiten Ableitung unter denen der Neugeborenenperiode liegen. Die Werte der Theta- und Alphaaktivität liegen zentro-okzipital (K_2 , K_4) höher als im fronto-zentralen Bereich (K_1 , K_3). Besonders ausgeprägt ist diese Zunahme der Alpha-Intensität zentro-okzipital zwischen dem dritten und sechsten Lebensmonat. In der fronto-zentralen Region links (K_3) erreichen die Delta- und Thetawerte im 6. Lebensmonat nicht mehr die Ausgangswerte im 1. Lebensmonat.

AUTOSPEKTREN
MEDIANWERTE



Def.: --- = K_3

— = K_1

Def.: --- = K_4

— = K_2

Abb.24: Ordinate : Intensität

Abzisse: Lebensalter in Monaten

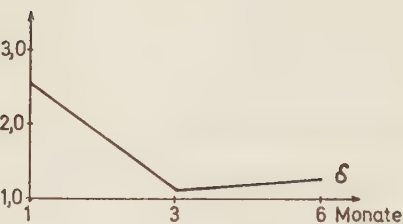
b. Medianwerte der Kreuzspektralampplituden

Ebenso haben wir die Medianwerte der Mittelwerte der Intensität der Kreuzspektralampplituden der linken und rechten Hemisphäre miteinander verglichen (Abb. 25). Es zeigt sich, daß die Intensität der rechten Hemisphäre eindeutig höher liegt als links. Das gilt für alle drei geprüften Frequenzbereiche. Als Gemeinsamkeit zeigte sich, daß der α -Wert links sowie rechts im sechsten Lebensmonat den Ausgangswert erreicht oder auf der rechten Seite überschreitet, während die δ - und θ -Werte unter den Ausgangswert sinken.

Bei der Gegenüberstellung der fronto-zentralen ($K_1 - K_3$) und zentro-okzipitalen ($K_2 - K_4$) Kanäle zeigen die zentro-okzipitalen Werte ein höheres Ausgangsniveau sowie eine größere Intensitätszunahme. Am deutlichsten zeigt sich diese Entwicklung wiederum für den Alpha-Bereich okzipital ($K_2 - K_4$). Frontal ist nur ein sehr geringfügiger Anstieg der Alphaaktivität festzustellen (Abb. 26).

- 45 -
KREUZSPEKTRALAMPLITUDEN
 MEDIANWERTE

$K_3 - K_4$



$K_1 - K_2$

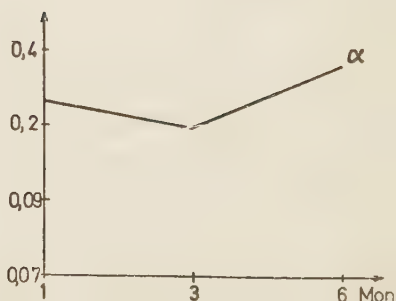
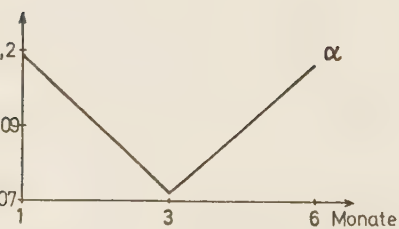
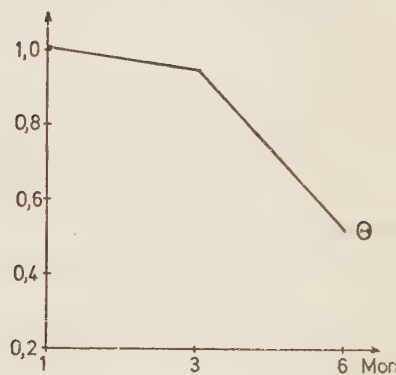
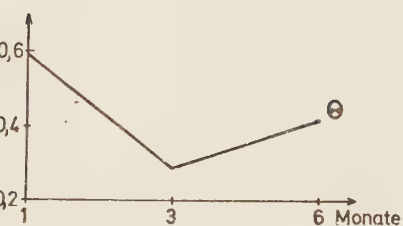
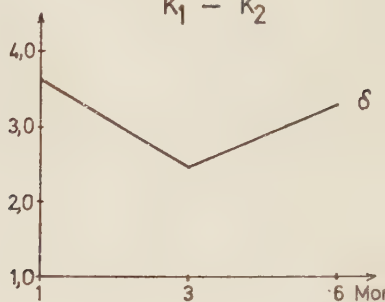
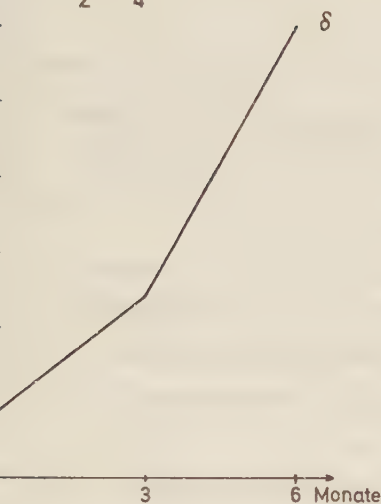


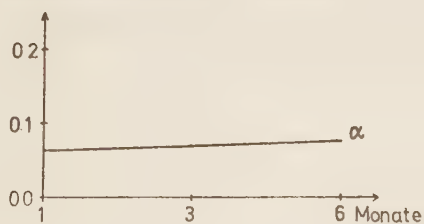
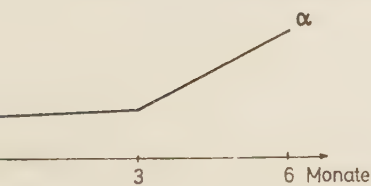
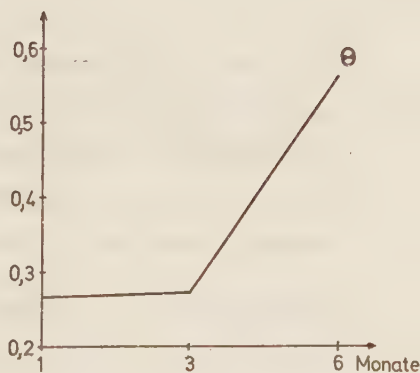
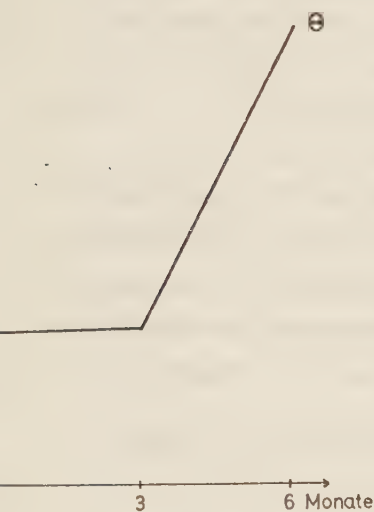
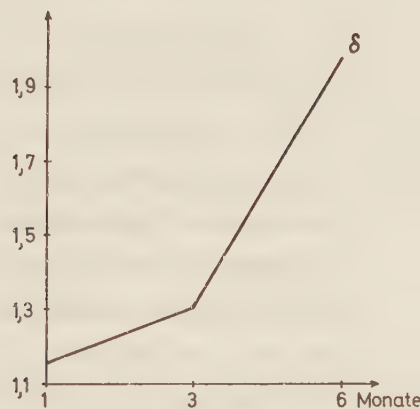
Abb.25: Ordinate: Intensität

Abzisse: Lebensalter in Monaten

$K_2 - K_4$



$K_1 - K_3$



3. Kohärenzen

Die Kohärenzfunktion ist, wie bereits erläutert (S. 20), ein frequenzabhängiges Korrelationsmaß zweier Kanäle. Sie liefert ein quantitatives Maß der gegenseitigen Abhängigkeit verschiedener Hirnregionen.

Unsere Darstellungsmethode entspricht der bei den Autospektren angewandten Form. Die Originalkohärenzfunktionskurven wurden graphisch umgezeichnet und zur besseren Gegenüberstellung untereinander geklebt.

Vergleicht man die Kohärenzfunktionen innerhalb der rechten Hemisphäre ($K_1 - K_2$), so zeigen 7 von 11 Kindern in der Neugeborenenperiode eine große Kohärenz, die teilweise den Wert 1 erreicht (Abb. 27). Das bedeutet, daß zwischen beiden Hirnregionen ein 100 %iges Korrelationsmaß besteht.

Mit 3 Monaten zeigen nur noch 5 Kinder diese hohe Kohärenz (Abb. 28), mit 6 Monaten ist sie nur noch bei 2 Kindern zu finden (Abb. 29). Die intrahemisphärische Kohärenz wird somit im Verlauf des ersten Lebenshalbjahres abgebaut. Die Säuglinge, die mit 6 Monaten noch ein hohes Korrelationsmaß aufwiesen, hatten während des 1. Lebensmonats geringe Kohärenzwerte.

Betrachten wir die Kohärenzentwicklung innerhalb der linken Hemisphäre ($K_3 - K_4$), so finden wir auch hier eine Abnahme der Kohärenz, besonders schon zwischen der Aktivität im 1. und 3. Lebensmonat. Ein auffälliger Unterschied gegenüber der rechten

Seite besteht jedoch darin, daß die Kohärenzen auch in der Neugeborenenperiode nie vollständig sind, also nie den Wert 1 erreichen. Links sind die Kohärenzen etwa halb so groß wie rechts (Abb. 30 - 32).

Interhemisphär beobachten wir eine Zunahme der Kohärenz. Im ersten Monat zeigten nur 4 Kinder eine Kohärenz im Delta- und Thetabereich innerhalb der beiden fronto-zentralen Kanäle $K_1 - K_3$ (Abb. 33). Im dritten Monat waren es über die Hälfte der Kinder (Abb. 34) und am Ende des ersten Lebenshalbjahres 7 von 9 Kindern (Abb. 35), bei denen eine deutliche Kohärenz im Delta- und Thetabereich festzustellen war.

Okzipital ($K_2 - K_4$) erfolgte die gleiche Entwicklung wie frontal ($K_1 - K_3$). Wir beobachten auch hier ein stetiges Ansteigen der Kohärenz (Abb. 36 - 38).

Zusammenfassend ergaben unsere Untersuchungen, daß intra-hemisphär das Korrelationsmaß mit dem Alter abnimmt, während sich dagegen interhemisphär eine Kohärenz aufbaut. Die rechte Hemisphäre besitzt gegenüber der linken ein stärkeres Korrelationsmaß.

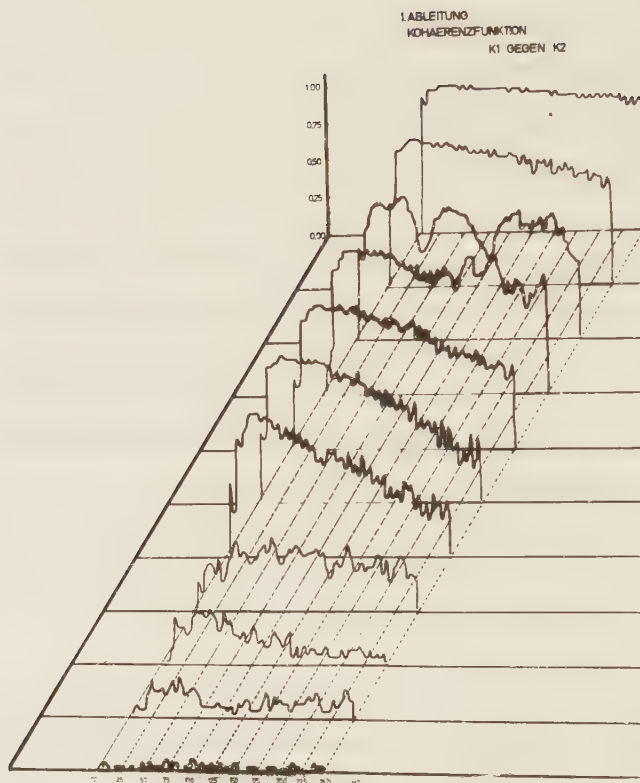


Abb.27: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_1 (fronto-zentral rechts) und K_2 (zentro-okzipital rechts) bei Säuglingen im ersten Lebensmonat
Auf der Ordinate sind die Werte 0-1
auf der Abzisse die Frequenzen aufgetragen

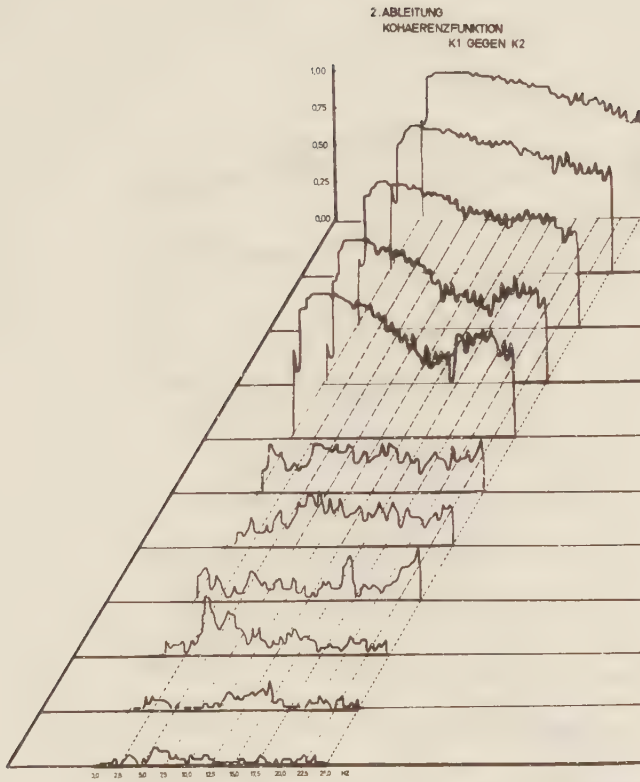


Abb.28: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_1 (fronto-zentral rechts) und K_2 (zentro-okzipital rechts) bei Säuglingen im dritten Lebensmonat

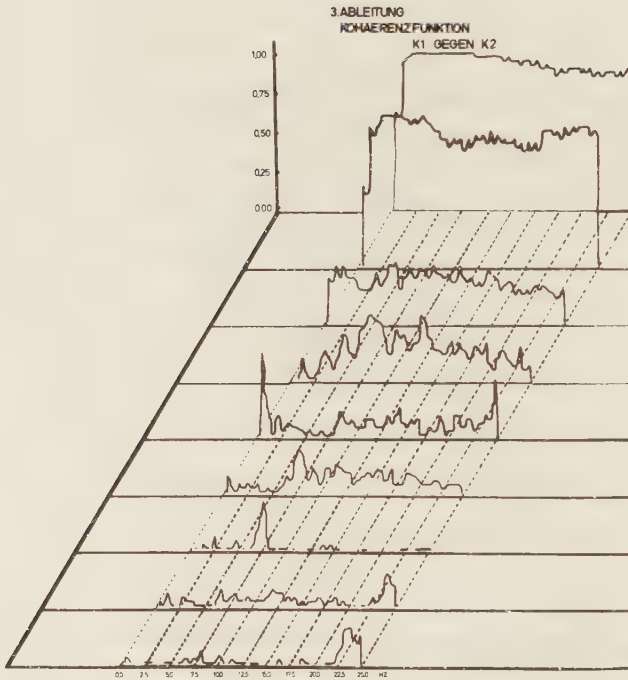


Abb.29: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_1 (fronto-zentral rechts) und K_2 (zentro-okzipital rechts) bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat

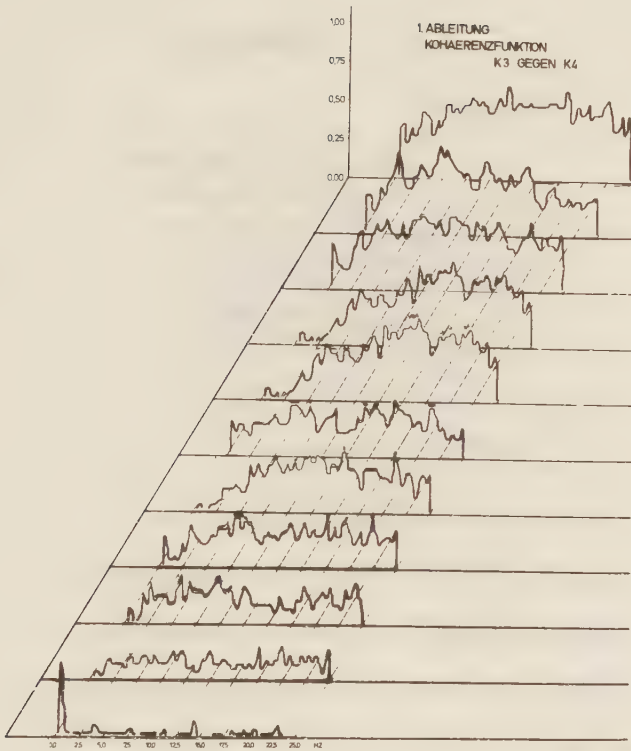


Abb.30: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_3 (fronto-zentral links) und K_4 (zentro-okzipital links) bei Säuglingen im ersten Lebensmonat

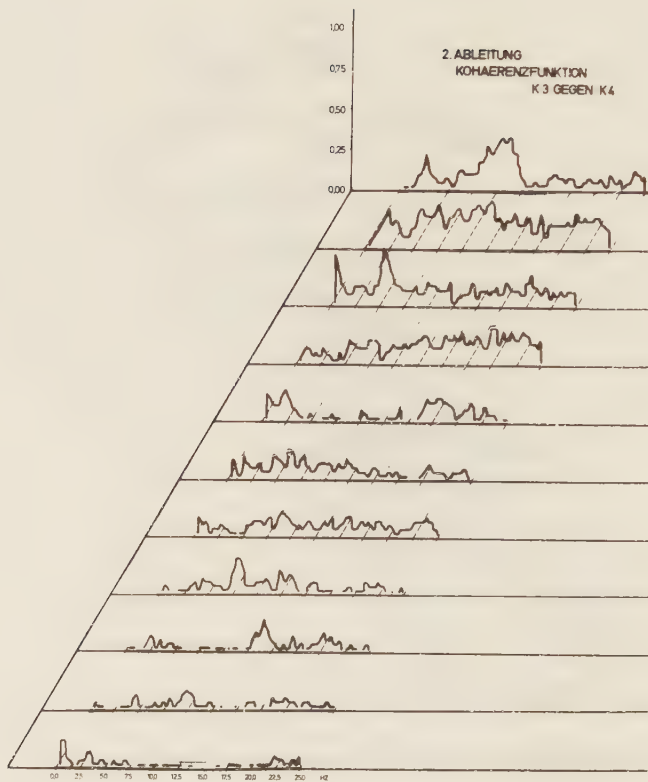


Abb.31: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_3 (fronto-zentral links) und K_4 (zentro-okzipital links) bei Säuglingen im dritten Lebensmonat

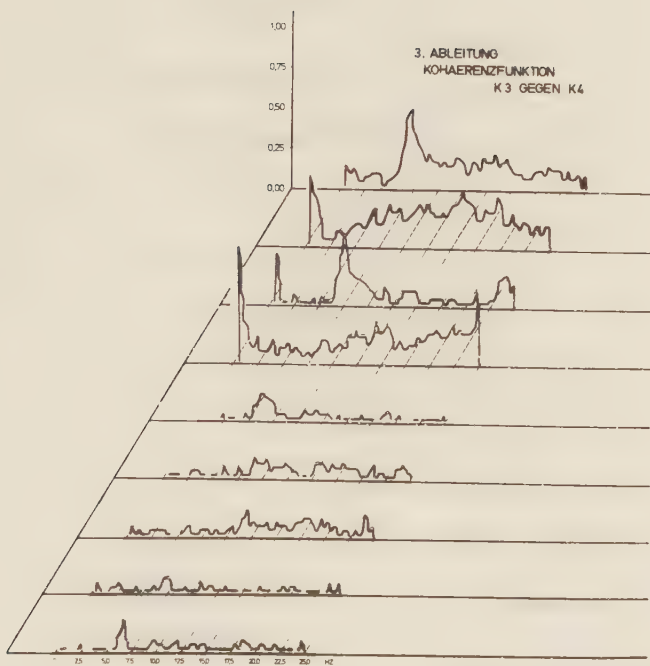


Abb.32: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_3 (fronto-zentral links) und K_4 (zentro-okzipital links) bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat

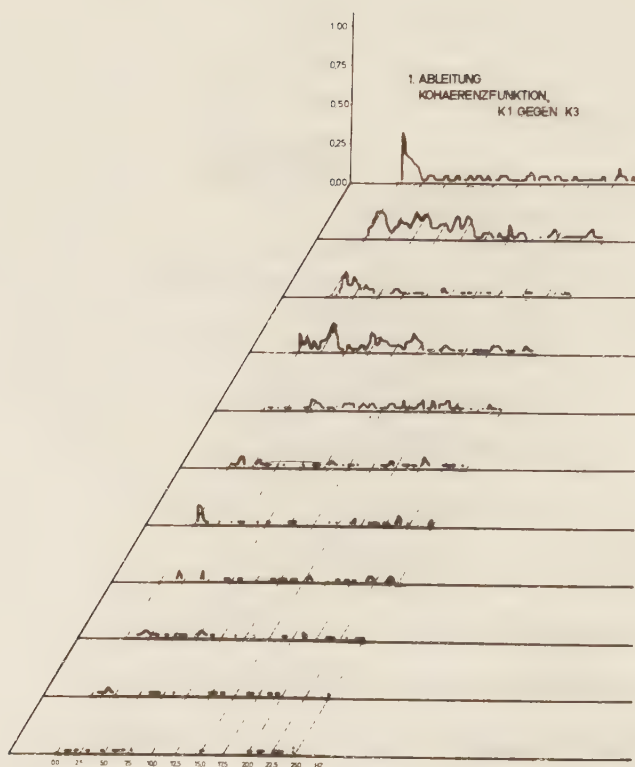


Abb.33: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_1 (fronto-zentral rechts) und K_3 (fronto-zentral links) bei Säuglingen im ersten Lebensmonat

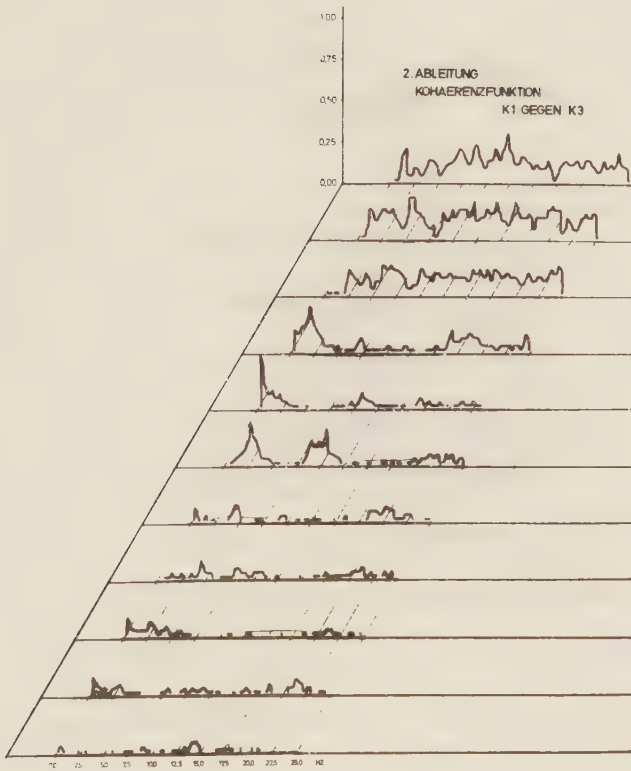


Abb.34: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_1 (fronto-zentral rechts) und K_3 (fronto-zentral links) bei Säuglingen im dritten Lebensmonat

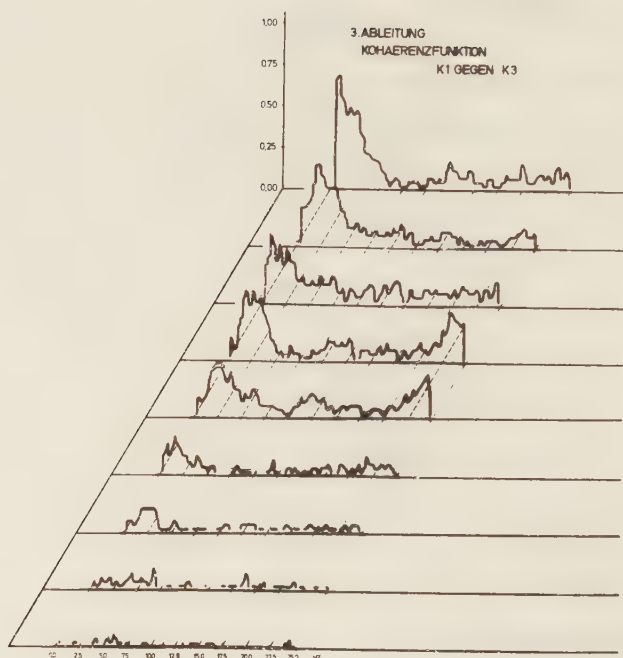


Abb.35: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_1 (fronto-zentral rechts) und K_3 (fronto-zentral links) bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat

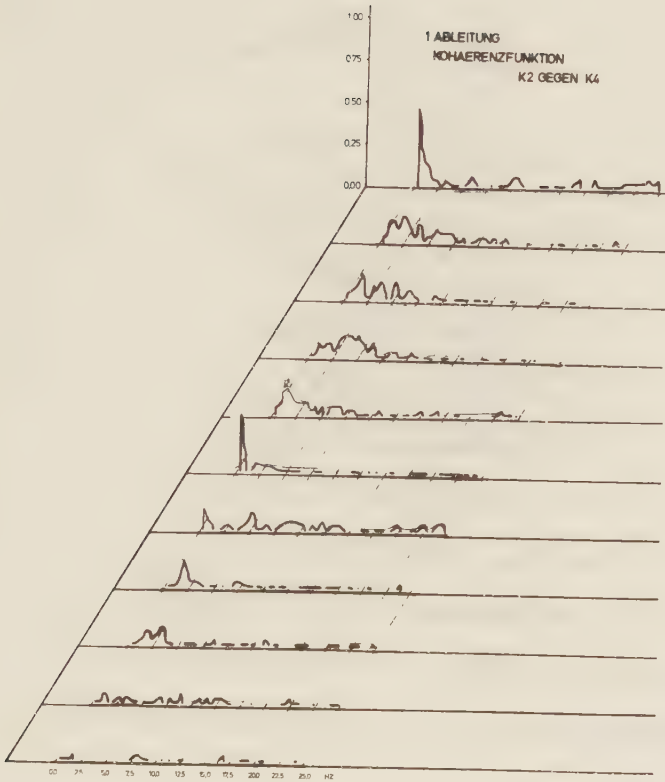


Abb.36: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_2 (zentro-okzipital rechts) und K_4 (zentro-okzipital links) bei Säuglingen im ersten Lebensmonat

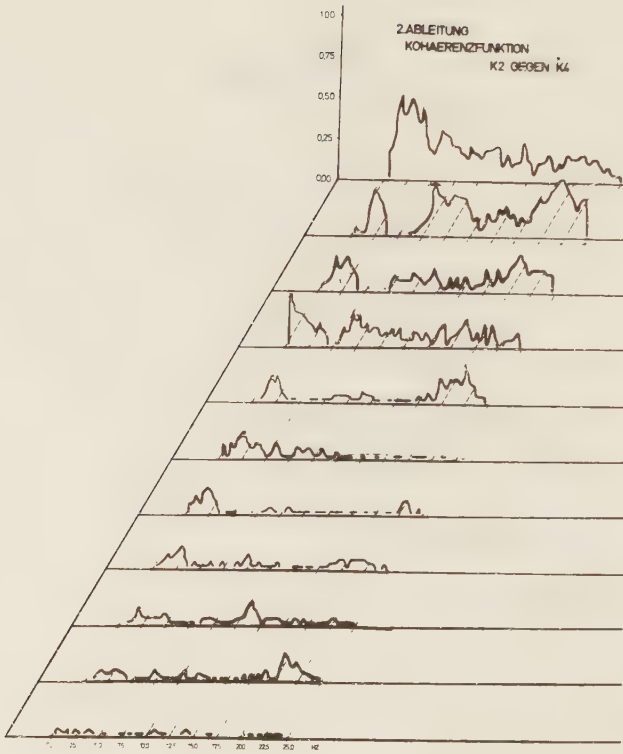


Abb.37: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_2 (zentro-okzipital rechts) und K_4 (zentro-okzipital links) bei Säuglingen im dritten Lebensmonat

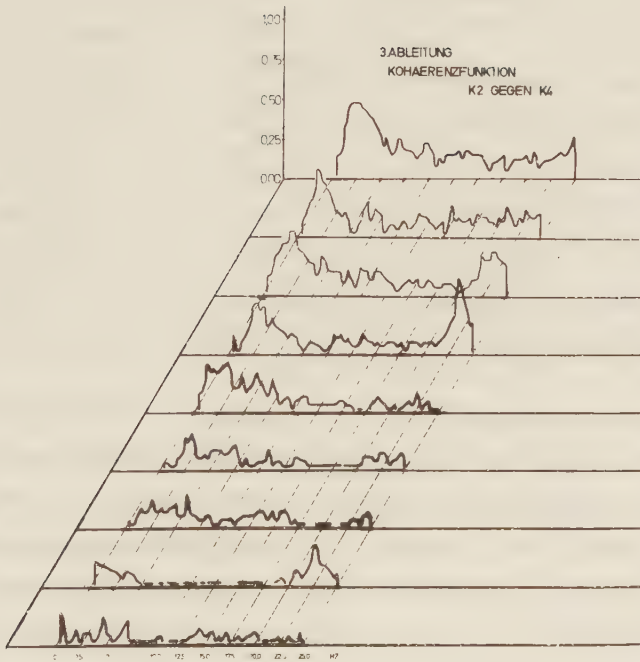


Abb.38: Kohärenzfunktion der EEG-Kanäle K_2 (fronto-zentral rechts) und K_4 (fronto-zentral links) bei Säuglingen im sechsten Lebensmonat

IV. Diskussion

Das erste Lebenshalbjahr ist ein sehr wichtiger Zeitabschnitt für die Hirnreifung. EEG-Verlaufsstudien bei gesunden, wachen Säuglingen sind bisher selten in der Literatur zu finden (Hagne 1968), so daß der Mangel an Normdaten die Verwendung des EEG als prognostisches und diagnostisches Hilfsmittel in dieser Altersgruppe einschränkt. Die visuelle EEG-Auswertung ist selbst für geübte EEG-Spezialisten immer wieder schwierig, weil das EEG in diesem Alter häufig nur wenig mit dem klinischen Befund der gestörten Hirnfunktion korreliert. Der subjektiven Färbung der EEG-Interpretation wird somit Vorschub geleistet.

Die Forderung nach einer objektiven, quantitativen Analyse der EEG-Entwicklung wurde schon früh Gegenstand der Arbeiten von Berger (1932), Lindsley (1938, 1939) und Henry (1944). In ihrer Folge wurden verschiedene Methoden zur visuellen Frequenzanalyse entwickelt, zuletzt von Pechstein (1970), sowie Pechstein und Dolansky (1970).

Mit der Zeit gewann der Computereinsatz hier immer größere Bedeutung. Heute verfügen wir über eine große Anzahl von Programmen für Spektralanalysen, die bei der Umwandlung der EEG-Signale in eine objektivere Darstellungsform höchst hilfreich sind (Dummermuth 1971).

Für die Frequenzanalyse ist es charakteristisch, daß die Aktivität der verschiedenen Frequenzbereiche in dem zu analysierenden Zeitstück als Durchschnittswert angegeben wird. Daher können besondere Graphoelemente wie S-W-Komplexe hier -im Gegensatz zur

visuellen Auswertung- keinen Ausdruck finden. Die Frequenzanalyse dient somit der Beschreibung der Hintergrundaktivität. Da diese Grundaktivität stark durch den Bewußtseinszustand des Kindes beeinflusst wird (Prechtl 1969), muß das Vigilanzstadium des Kindes durch verschiedene Parameter wie EOG, EMG, Registrierung der Atmung und einer Verhaltensbeobachtung wohldefiniert sein. Denn nur durch diese polygraphische Ableitung kann besonders bei den Neugeborenen Elektroencephalogrammen der Wachzustand vom Schlaf eindeutig abgegrenzt werden. Für unsere Analysestücke haben wir ausschließlich einen Wachzustand gewählt, der dem Vigilanzstadium 3 und 4 nach Prechtl und Beintema (1974) entspricht. Im Verhalten der Säuglinge ist das an geöffneten Augen, keine oder globale Bewegungen, kein Schreien festzustellen. Im EEG-Ausschrieb wurde das sichtbar durch : unregelmäßige Atmung, ausgeprägte Bulbusbewegungen und Muskelkontraktionen.

Das Ergebnis der Frequenzanalyse hängt unter anderem auch von der Länge der ausgewählten EEG-Epochen ab. Kurze Strecken geben nur einen groben Eindruck wieder. Wir haben uns daher für 3-Minuten lange EEG-Epochen entschieden. Bisweilen war es bei sehr lebhaften und unruhigen Kindern notwendig, diese Zeitspanne aus mehreren kleinen Zeitstücken zusammen zu setzen. Diese Stückelung schien uns darüber hinaus eine größere statistische Aussage zu gewährleisten.

Unsere quantitative EEG-Analyse ergab ein Ansteigen der dominierenden Frequenz mit höherem Lebensalter. Darin stimmen unsere Untersuchungsergebnisse mit Hagne (1968) und Pechstein (1970) überein, die ebenfalls eine Wanderung des Gipfelwertes in höhere Frequenzbereiche beobachteten.

In der Neugeborenenperiode fanden wir ein Intensitätsmaximum meist um 1,5/sec. Beim 3 Monate alten Säugling verschob sich dieser Gipfel zu 2-2,5/sec, mit angedeuteten Peaks im Theta-Bereich um 4-5/sec. Im 6. Lebensmonat treten deutliche Peaks bei 7-8/sec auf. Diese Entwicklung zeigten immerhin 75 % unserer Probanden. Hagne (1968) beschreibt in ihrer Untersuchung an gesunden Kindern während des ersten Lebensjahres große individuelle Unterschiede im Frequenzspektrum. Sie berichtet von einem Stillstand der Frequenzentwicklung oder sogar von niedrigeren Frequenzwerten bei älteren Säuglingen. Diese große Variationsbreite wird durch unsere Untersuchung bestätigt. Wir konnten feststellen, daß die Intensität der bioelektrischen Aktivität okzipital größer ist als im frontalen Bereich. Besonders einfach ließ sich das mit der Darstellung des Medianwertes für die verschiedenen Frequenzbereiche veranschaulichen. Durch die Frequenzanalyse wurden uns die Mittelwerte der Intensität für jeden Bereich bekannt. Gegenüber dem arithmetischen Mittelwert hat der Medianwert den Vorteil, daß er von extrem abweichenden Werten nicht beeinflußt wird. Anhand dieser "Medianwertentwicklung" läßt sich bei den Autospektren eine sehr viel steilere Intensitätszunahme im θ - und α -Bereich okzipital (K_2 und K_4) beobachten.

Diese Dominanz der okzipitalen Grundaktivität kommt auch bei den Werten der Kreuzspektralamplituden zum Ausdruck. Pechstein (1970) bildete den Quotienten der Θ - und α -Medianwerte und stellte fest, daß dieser Theta-Alpha-Medianwert (TAM-Wert) als eine brauchbare Maßzahl der Dominanz im Wach-EEG gewertet werden kann (1970 a). Er stellte außerdem eine überraschende Konstanz dieses TAM-Wertes bei verschiedenen Vigilanzstadien fest (1970). Auch er hob die Verschiebung dieses TAM-Wertes in höhere Frequenzbereiche während des ersten Lebensjahres hervor. Bei unserem Vergleich der Medianwerte beider Hemisphären zeigte die rechte Hemisphäre eindeutig die größeren Intensitäten. Auf diesen Intensitätsunterschied stießen wir im δ , Θ sowie im α -Bereich.

Schulte und Bell (1973) untersuchten die Autospektren im aktiven und ruhigen Schlaf. Sie beschreiben das Auftreten einer Schlafspindelaktivität von 12 - 14/sec im ruhigen Schlaf. Diese Spindelaktivität ist in der fronto-zentralen Region höher als okzipital, wo sie bisweilen ganz vermißt wird. Im Wachzustand dagegen fanden wir eine Dominanz der okzipitalen Region.

Darüberhinaus untersuchten wir die Kohärenz verschiedener Ableitpunkte. Dabei stießen wir auf eine unterschiedliche Kohärenz innerhalb der beiden Hemisphären: während links das Korrelationsmaß geringer war, bestand auf der rechten Seite bei der Mehrzahl der Kinder im ersten Monat eine größere funktionelle Beziehung der Ableitpunkte im Delta-Theta-bereich. Im dritten Lebensmonat zeigte sich bei der Hälfte

der Kinder eine hohe Kohärenz, während bei den übrigen das Korrelationsmaß geringer war. Im sechsten Monat fanden sich -außer bei zwei Kindern- nur geringe Kohärenzen. Diese beiden Kinder hatten dafür im ersten Lebensmonat kleine Kohärenzen. Im Gegensatz dazu ließ sich eine zunehmende Kohärenz zwischen den beiden Hemisphären in den ersten sechs Lebensmonaten nachweisen.

Zur Interpretation dieser Ergebnisse bietet sich die Annahme an, daß mit zunehmender Ausreifung des Corpus callosum die bioelektrische Aktivität der beiden Hemisphären unter den Einfluß gemeinsamer subkortikaler Generatoren kommt. Daß bei Säuglingen im ersten Lebensmonat nur geringe Beziehung der Aktivität zwischen beiden Hemisphären besteht, ist auch bei der bioelektrischen Aktivität während des ruhigen und aktiven Schlafes nachgewiesen worden (Schulte und Bell 1973).

Die geringe intrahemisphärische Kohärenz der linken Hemisphäre entspricht den Untersuchungsbefunden der Schlafaktivität.

Unklar ist die hohe intrahemisphärische Kohärenz der rechten Hemisphäre und ihre Abnahme im Laufe der ersten Lebensmonate; Im Zusammenhang mit den nachweisbar cerebralen Entwicklungsschritten im Laufe des ersten Lebenshalbjahres deutet die hohe Kohärenz im ersten Lebensmonat eher auf eine Unreife. Das unterschiedliche Verhalten der intrahemisphärischen Kohärenz könnte als Beweis dafür gelten, daß bereits beim jungen Säugling die funktionelle Organisation der beiden Hemisphären verschieden ist.

V. Zusammenfassung

Die Entwicklung der Hintergrundaktivität des EEG wurde mittels automatischer Frequenzanalyse untersucht. Wir führten die EEG-Ableitungen im ersten, im dritten und im sechsten Lebensmonat bei elf hirngesunden Säuglingen durch. Zur Abgrenzung des Vigilanzstadiums benutzten wir die polygraphische Ableitungsmethode (EOG, EMG und Atmung). Aus dem EEG im Wachzustand wählten wir jeweils ein geeignetes artefaktfreies Dreiminutenstück zur Frequenzanalyse aus.

Anhand der Intensitätsverteilung in den Frequenzbereichen 0-25 Hz konnten wir die Häufigkeit bestimmter Frequenzen und deren altersabhängige Verschiebung in höhere Frequenzbereiche bestimmen. Wir fanden im ersten Lebensmonat ein Intensitätsmaximum bei 1,5 - 2 Hz, mit drei Monaten verschob sich dieser Gipfelwert nach 2 - 2,5 Hz, im sechsten Monat fanden wir ein Plateau zwischen 2 - 4 Hz. Gleichzeitig traten im dritten Lebensmonat Peaks bei 4 - 5 /sec auf, im sechsten Monat zeigte mehr als die Hälfte der Kinder einen ausgeprägten Peak um 5 Hz, sowie einen erneuten Intensitätsanstieg im Grenzbereich zwischen Theta- und Alphaaktivität bei 6 - 8 Hz.

Die Medianwerte der Mittelwerte der Intensität brachten die Dominanz der okzipitalen Aktivität zum Ausdruck. Sie belegten darüber hinaus eine stärkere Intensität der rechten Hemisphäre gegenüber der linken.

Die Kohärenzfunktionen zeigten eine Abnahme des Korrelations-

maßes intrahemisphär auf beiden Seiten. Interhemisphärisch dagegen nahm die Kohärenz zu. Bei beiden Entwicklungen vollzogen sich, was den Zeitpunkt der Veränderungen anbelangt, individuelle Abweichungen.

Bei der gleichzeitig von uns durchgeführten entwicklungs-neurologischen Untersuchung wiesen alle Kinder eine alters-gemäße Entwicklung auf.

Dummermuth, G. und Keller, E.:

EKG Spectral Analysis by
Means of Fast Fourier
Transform
In: Automation of Clinical
Electroencephalography
Peter Kellaway und Ingemar
Petersén (Eds.)
New York : Raven Press
(1973)

Dreyfus-Brisac, C., Samson, D.,
Blanc, C. und Monod, N. :

L'Electroencéphalogramme de
L'Enfant Normal de Moins de
3 Ans. Aspect Fonctionnel
Bioelectrique de la
Maturation Nerveuse.
Étud. Néonatal. 4: 143 - 175
(1958)

Dreyfus-Brisac, C., und
Blanc, C. :

Aspects Electroencephalo-
graphiques de la Maturation
Cérébrale pendant la Première
Année de la Vie.
Electroenceph. clin.
Neurophysiol. Supp. 6 :
432 - 440 (1956)

Ellingson, Robert J. :

Studies of Electrical Activity
of the Developing Human Brain
In: Himwich, W.A., H.E. Himwich
(Eds.)

The Developing Brain
Progress Brain Res. 9 : 26 - 53
(1964)

Flühler, H. :

Statistische Analyse von
Zufallsprozessen mit spezieller
Anwendung auf das Elektro-
encephalogramm
Diss. 4001, ETH Zürich (1967)

Hagne, I. :

Development of the Waking EEG
in Normal Infants during the
First Year of Life.
In: P. Kellaway und I. Petersén
(Eds.) Clinical Electro-
encephalography of Children
pp. 332
Stockholm : Almquist & Wiksell
(1968)

Hagne, I., Person, J., Magnusson,
R. und Petersén, I. :

Spectral Analysis via Fast
Fourier Transform of Waking
EEG in Normal Infants.
Kellaway und Petersén (Eds.)
Automation of Clinical EEG.
New York : Raven Press
(1972) reprint

Henry, C.E., :

Electroencephalograms of
Normal Children. Society
for Research in Child
Development,
Washington W. No. 3
(1944)

Kleiner, B., Flühler, H., Huber,
P.J. und Dummermuth, G. :

Spectrum Analysis of the
Electroencephalogram.
Comp. Progr. Biomed. 1
183 (1970)

Künkél, H. :

Simultane Vielkanal-on-line-
EEG-Analyse in Echtzeit
EEG-EMG 3 (1972) 1, 30-38

Künkél, H. :

Die Spektraldarstellung des
EEG
Z. EEG-EMG 3 : 15 - 24 (1972)

- Pechstein, J. : Konstanz des Theta-Alpha-Medianwertes (TAM-Wertes) im kindlichen EEG-Frequenzspektrum bei geöffneten und geschlossenen Augen
Z. EEG-EMG 1 : 107.110 (1970)
- Fechstein, J. : Der Theta-Alpha-Medianwert (TAM-Wert) als brauchbare Maßzahl der Dominanz im frühkindlichen Wach-EEG
Fortschritte der Med. 88 :
1170 - 1176 (1970a)
- Pechstein, J. und Dolansky, J.: Zur Methodik der visuellen Frequenzanalyse des Wach-EEG im frühen Kindesalter
Z. EEG-EMG 1 : 35 - 39 (1970)
- Penuel, H., Corbin, F., M.B.
Reginald, G., Bickford, M.B. Studies of the Electroencephalogram of Normal Children :
Comparison of the Visual and Automatic Frequency Analysis
Electroenceph. Clin.
Neurophysiol. 7 : pp. 15 - 28
(1955)

Paine, R.S., Brazelton, T.B.,
Donovan D.E., Drorbaugh, J.E.,
Hubbell, J.P. und Sears, E.M.

Evolution of Postural Reflexes
in Normal Infants and in the
Presence of Chronic Brain
Syndromes.

Neurology, 14: 1036 - 1048
(1964)

Prechtl, H.F.R. :

Polygraphic Studies of the
Full-Term Newborn. II. Computer
Analysis of Recorded Data.
In: Studies in Infancy
M. Bax & R. MacKeith (Eds.)
London: Heinemann (1968)

Prechtl, H.F.R. :

The Behavioural States of the
Newborn Infant
Brain Res. 76: 185 - 212
(1974)

Prechtl, H. und Beintema :

The Neurological Examination of
the Full-Term Newborn Infant
Little Club Clinics in Develop.
Med. No. 12
London : Heinemann (1964)

Precht1, H.F.R., Akiyama, Y.,
Zinkin, P., und Grant, D.K. :

Polygraphic Studies of the
Full-Term Newborn Infant. I.
Technical Aspects and
Qualitative Analysis.
In : Studies in Infancy
M. Bax & R. MacKeith (Eds.)
London : Heinemann (1968)

Precht1, H.F.R., Weimann, H.,
Akiyama, Y.

Organization of Physiological
Parameters in Normal and Neuro-
logical Abnormal Infants.
Neuropädiatrie 1 : 101 - 129
(1969)

Pöpp1, S., Müller, E.,
Greutzfeldt, O.D., :

Eine digitale Mehrkanal-on-line
EEG-Analyse (nicht parametrisches
Verfahren)
Vortrag : Tagung Dtsch EEG-Ges.
Berlin (1967) Elektroenceph.
Clin. Neurophysiol. (im Druck)

Saint-Anne Dargassies, S. :

Neurodevelopmental Symptoms
during the First Year of Life
Dev.Med.Child.Neurol. 14 :
235 - 246 (1972)

Samson-Dollfus, D., Forthomme, J.,
Capron, E. :

EEG of the Human Infant
during Sleep and Wakefulness
during the First Year of
Life.

In: Kellaway P., Petersén I.,
(Eds.) Neurological and
Electroencephalographic
Correlative Studies in
Infancy.

New York : Grune and Stratton
(1964)

Schulte, F.J., und Bell, E.F. :

Bioelectrical Brain
Development

Neuropädiatrie 4 : 30 - 45
(1973)

Walter, W.G. :

Normal Rhythm, their
Development Distribution
and Significance.

In : D. Hilland, G. Parr
(Eds.)

Electroencephalography
London : MacDonald (1950)

Welch, P.D. :

The Use of Fast Fourier Transform
for the Estimation of Power
Spectra : A Method based on Time
Averaging over Short Modified
Periodograms.

Institute of Electrical and
Electronics Engineers Transactions
on Audio Electroacoustics,
AU - 15 : 70 - 73 (1967)

VII. Lebenslauf

25.9.1948	geboren in Essen als Tochter des Dipl.-Chemiker Dr.Wilhelm Oversohl und seiner Frau Elisabeth geb.Heller
1955 - 59	Volksschule in Essen
1959 - 69	Gymnasium in Essen und Mühldorf/Inn
28.6.1969	Reifeprüfung am Ruperti-Gymnasium in Mühldorf/Inn
1969 - 72	Studium der Tiermedizin an der Universität München
1972 - 76	Studium der Medizin an der Universität München
11.4.1973	Ärztliche Vorprüfung
1.9.1976	Staatsexamen

Herrn Priv.Doiz.Dr.Chr.Förster danke ich für die Überlassung des Themas und seine hilfreiche Betreuung.

Dem Institut für Med.Datenverarbeitung der Gesellschaft für Strahlen und Umweltforschung m.b.H. der T.U. München danke ich für die Auswertung der Analogbänder, besonders Herrn Dr.-Ing.S.J.Föppl für seine überaus nützlichen Anregungen.

Schwester Therese, aus dem EEG-Labor, möchte ich für ihre kameradschaftliche Hilfe danken.

